Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Mechanical Controls Evaluation

Document D34

Canada

89-01915/

Building Performance Evaluation Series

Mechanical Controls Evaluation

Document D34

AES 1-4:86-43

March 1988

The contents of this document represent the views of the authors and are not necessarily the views or policies of the Department of Public Works.

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In no event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or servants be legally liable to any persons or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada | Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title MECHANICAL CONTROLS EVALUATION	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-43
	3. Date March 1988
4. Author(s) Victor Engineering Limited	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. D34
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-548, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 25
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

This document aids in operating a building in an efficient and economical manner. It helps a professional or technician with limited experience in heating ventilating and air conditioning control systems meet the needs of the two major dynamic components present in a building: the occupants and operating costs.

The document includes a staged evaluation of a HVAC control system for a building 3000 m^2 or less. The evaluation starts with a preliminary assessment, followed by simple measurement techniques, and concludes with specialized in-depth monitoring. The Appendices contain detailed information on maintenance and problem solving, and an introduction to HVAC control diagrams.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP D34b	21. Price

TABLE OF CONTENTS

1.	**INTRODUCTION**	1
1.1	Purpose	1
1.2	Background Information	1
2.	**TERMS OF REFERENCE**	2
2.1	General Framework	2
2.2	Limitations of Evaluation Technique	2
3.	**METHODOLOGY**	3
3.1	Stage I – Preliminary Assessment	3
3.1.1	Description of Technique	3
3.1.2	Equipment	3
3.1.3	Detailed Procedure	3
3.1.4	Assessment	4
3.1.5	Resource Allocation and Timing	4
3.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	5
3.2.1	Description of Techniques	5
3.2.2	Equipment	5
3.2.3	Detailed Procedures	5
3.2.4	Assessment	6
3.2.5	Resource Allocation and Timing	6
3.3	Stage III – Specialized In-depth Monitoring	6
3.3.1	Description of Techniques	6
3.3.2	Equipment	7
3.3.3	Detailed Procedures	7
3.3.4	Assessment	7
4.	**REFERENCES**	9
5.	**APPENDICES**	10
5.1	Standard Terms and Units of Measurement	10
5.2	Governing Authorities and Regulations	11
5.3	The Construction and Retrofit Process	11
5.4	Types of Building Mechanical System (HVAC)	12
5.5	Troubleshooting Chart	13
5.6	Control Diagrams–An Introduction	13
5.7	Gaining Knowledge of the Building	19
5.8	Types of Controls	20
5.9	Outline of Service Requisition	23
5.10	Building Performance Evaluation Document List	25

LIST OF FIGURES

3.1	High Velocity Terminal, Variable Air Volume (VAV)	*4*
5.1	Typical As-built Control Drawing Layout	*14*
5.2	Elementary Central Fan System (Schematic)	*16*
5.3	Fan System Control	*17*

1. INTRODUCTION

1.1 PURPOSE

This document is to help operate a building in an efficient and economical manner. It is to be used as a guide to ascertain the need for resources other than "in-house". A building manager using good judgement and this document will feel confident that the building is meeting the needs of the occupants, while using the minimum of energy.

1.2 BACKGROUND INFORMATION

This document makes assumptions that must be noted to use it effectively.

1. The reference structure is comparatively small, not more than 3000 m^2.
2. There is a trained building technician on staff.
3. The manager is responsible for the building air temperature, relative humidity and quality of the indoor air.
4. Sufficient money has been allocated to enable the manager to perform the functions outlined.

This document will restrict itself to information on Mechanical Controls as they apply to Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) equipment. Since there are many types and models, the information on controls will be generalized and principles will be stressed. The reader is encouraged to seek details by referring to the References. Document D33, Mechanical Systems Evaluation describes the evaluation of HVAC systems in buildings.

2. TERMS OF REFERENCE

2.1 GENERAL FRAMEWORK

Since this document is addressed to professionals and technicians who may have limited experience with HVAC control systems and equipment, a step–by–step procedure is followed.

The manager must contend with two powerful dynamic components present in a building: people (the occupants) and operating costs. In order to manage the building mechanical systems properly, these components have to be in harmony. A working knowledge of systems and controls applied to them will be a major factor in balancing these two components.

2.2 LIMITATIONS OF EVALUATION TECHNIQUE

In a building of not more that 3000 m^2 the control systems are comparatively simple. The difficulties that arise are common and easy to solve. However, at the beginning they may seem overbearing. By remembering some basic techniques, the effectiveness of the control system (and associated HVAC) can be readily assessed.

Guidelines for retaining outside help are given, when a difficult problem or situation arises. Real need must be substantiated before committing the Crown to expenditures for outside help. Generally, when complaints are few and the building is performing within acceptable cost limits, further control validation need not be performed. To reach this harmonious state of affairs requires a considerable personal time investment.

3. METHODOLOGY

3.1 STAGE I – PRELIMINARY ASSESSMENT

Before an attempt can made at evaluating the control system, how the building functions as a whole, must be clearly understood, as well as the role each piece of equipment plays in this dynamic, integrated system.

3.1.1 Description of Technique

New or old, buildings, require an equal amount of effort for proper evaluation.

A new building is one that has been occupied less than one year. An existing building is one that has been occupied for more than one year. Both structures require log preparation and building tours. Log preparation is outlined in Appendix 5.7, Gaining Knowledge of the Building. The tour is detailed in section 3.1.3, below.

3.1.2 Equipment

Suggested Tool List

- current set of working drawings
- a flashlight
- clipboard with log sheet (see Appendix 5.7 for suggested form).

3.1.3. Detailed Procedure

It is necessary to find where the HVAC equipment is located and what building areas are served by each system.

From the drawings, locate the areas where the HVAC equipment is concentrated. This will likely be in fan rooms and equipment rooms. There may be some equipment mounted on the roof that requires access by ladder or through a roof hatch. Modern practice usually dictates that each piece of equipment be labelled in accordance with the specifications, e.g., GROUND FLOOR SUPPLY.

Once equipment has been logged, individual systems must be traced to identify the areas of the building they serve. This tour must be repeated until confidence is established in identifying the system involved and its location, in the event of a problem. The main components of the system and their corresponding locations in the building are to be listed in the log.

In addition, there may be unitary equipment, such as entrance heaters, that can be a source of trouble. Logging information on these will require a walk through the rest of the building.

Similar to unitary equipment is the array of terminal units that are hidden in the ceiling spaces. Their corresponding diffuser outlets are the only indication that they exist at the ends of the air distribution networks. Figure 3.1 shows a typical ceiling–mounted unit. Reference to the drawings and log will identify the associated HVAC units and their equipment rooms.

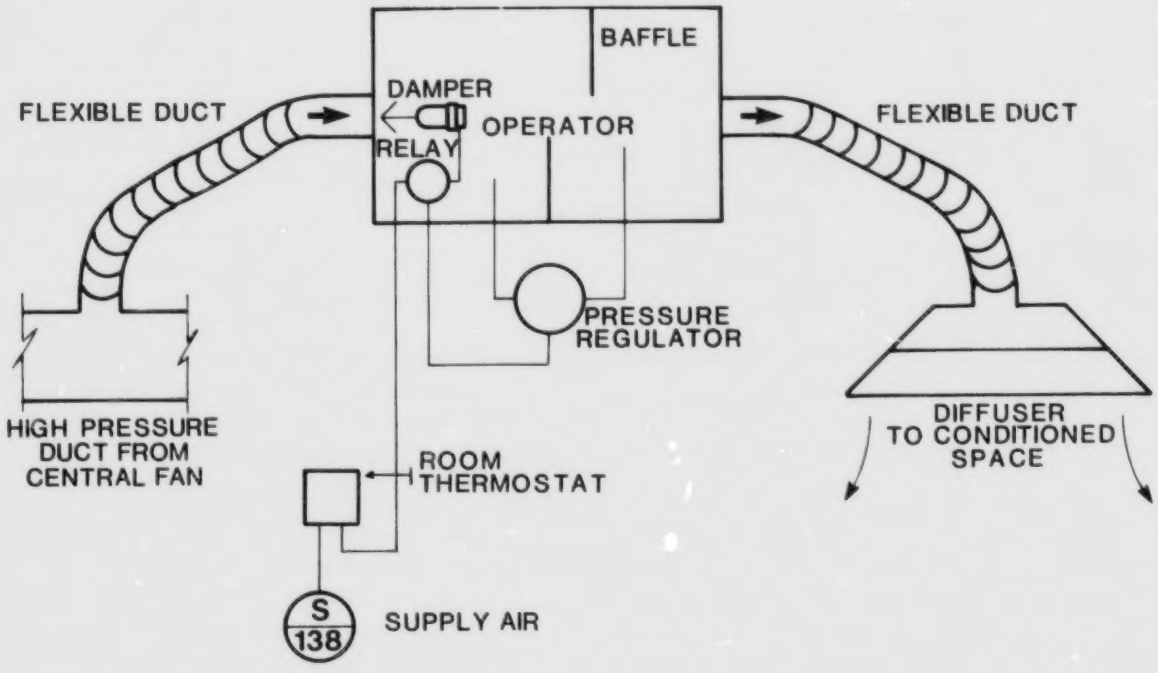


Figure 3.1: High Velocity Terminal Variable Air Volume (VAV)

Existing buildings present the problem of missing drawings and equipment data. This information may have to be gathered entirely on–site. Records of changes may range from good to non–existent. On the other hand, the building operators are extremely helpful in providing log information. Learning the existing building will require the same dedication and time investment as with new structures.

3.1.4 Assessment

Responses from one or both of the key components mentioned in 2.1 (occupants and operating costs) will indicate that the controls are faulty. The occupants, including the manager, will be the first to indicate that they are too hot, too cold, feel a draught or have some other problem. The complaint is traced to the system, where the problem can be analysed and remedied. This will be dealt with in Stage III.

3.1.5 Resource Allocation and Timing

The acquisition of particular building knowledge is a personal involvement. Ironically, the more frequently problems develop, the faster the tuition.

For the 3000 m² building, an individual who has rudimentary blueprint reading skills can feel comfortable after about 8 hours exploration and logging. The more complex the systems, the longer it will take. This time can be reduced considerably with the assistance of skilled trades familiar with the building.

3.2 STAGE II - SIMPLE MEASUREMENT TECHNIQUES

3.2.1 Description of Techniques

On the assumption that the system where a problem has arisen has been identified, these techniques will be confined to an examination of the controls for malfunction.

3.2.2 Equipment

The only equipment required will be a good quality pocket thermometer. One that is capable of reading air temperature and pipe surface temperature, is an asset. The other essential tool is an up-to-date set of control drawings.

In newer buildings many of the critical temperatures and pressures are displayed on local panels. The thermometer is needed to ensure accuracy of the panel.

In older buildings, it may be necessary to take readings on the system because there are no control thermometers.

3.2.3 Detailed Procedures

Familiarization with control systems is similar to understanding building systems. Instead of the mechanical plans being used as the guide, the current control drawings will serve as the "map" for this activity.

Appendix 5.6 contains a simplified control diagram with the corresponding sequence of operation. It is helpful to trace the control equipment and identify the components in the building. Marking the building diagrams with a red pencil to indicate function will help to understand the system and control sequences. Like the building systems, this takes time and dedication. However, in an emergency there may not be the time to start to understand what the controls are supposed to be doing. Therefore, this time investment is an essential part of training if the building is going to be operated with any degree of confidence.

If the building is new there is a good possibility that the control supplier will be interested enough to provide some tutoring on the site to speed up the learning.

With an existing building, the operating staff can usually provide information that they have collected over a period of time. Typical of this may be the effect of severe prevailing winds at a particular time of the year, or hot spots in the building during the height of summer. Whether these comments conceal a control system fault that needs attention or are symptoms of problems in other systems, it must be decided through this evaluation process.

Here is a checklist that forms the basis for troubleshooting faults:

a) Is the problem a new one or an old one?
b) If it's a new one, can it be traced to a system?
c) When the system is identified, can a component be identified as faulty?
d) If the component is controlled, consult the operating manual control sequence to see if the fault is control related or if some other system is required for control to take place.
e) If the repair can be made "in-house" do it, if not, call a vendor for service. See Appendix 5.9, Outline of Service Requisition.

If the problem is an old one, consult with the technical people who have prior building knowledge and ask what solution was tried before. If this solution sounds reasonable, try it. If the solution does not sound right or does not work, proceed through steps b) through e).

In addition, there are obvious symptoms, such as a supply fan not running when it is supposed to, generating complaints of overheating in summer. If time clocks control the run times of the fan, the schedules may be affected by a power failure and the clocks must be reset to the correct time. This is typical of the information that is acquired from experience and day–to–day involvement on the job.

3.2.4 Assessment

By acquiring a basic knowledge of how the building controls are supposed to function, it can be quickly determined if they are working within specification. If they are, some other part of the building system can be looked to for the source of a complaint. Although system components can interact in unique ways, by following a logical process of elimination, competent troubleshooting will evolve. D33 – Mechanical Systems Evaluation will help identify the problem if it is not controls.

3.2.5 Resource Allocation and Timing

The 3000 m² building will likely not have more than five fan systems along with a heating system and auxiliary components, such as cooling towers and boilers. Quite often, systems in a building of this size will be similar. If this is the case, then the time to learn the controls will be shortened. It is suggested that personal notes be marked on a spare set of control drawings for future quick reference. If observations are made as outlined in D–33 then the time required for acquisition of control system knowledge will be minimal. All involved should work together on this plan to avoid communication "gaps".

3.3 STAGE III – SPECIALIZED IN–DEPTH MONITORING

3.3.1 Description of Techniques

This section is a guide through the initial validation process and the determination if outside services are needed to diagnose and correct a fault in the control system. It is assumed that the project team has a working knowledge of the mechanical systems and corresponding controls applied to them. After the system at fault has been identified, the most difficult choice is the determination of the component that needs service. This component may be either a part of the system mechanical equipment – coil, filter or pump – or part of the control system–controller, valve or damper. The technique is one of elimination following the same principles that led to the identification of the faulty mechanical system. If it is determined that a control component has failed, then it can either be fixed or outside help called. Calibration procedures are listed in the vendor information included in the as–built/shop drawings.

A word of caution – make sure it is a control problem before calling in the control vendor. A vendor trade can be requisitioned, only to find that the fault lies with another trade and the service costs are wasted. For example, there may be a complaint of "no

air" in a particular area. This can be caused by any of the following faults: plugged filters, loose fan belts, fire dampers closed, or faulty fan speed controller. It could also be a defective control damper operator not allowing enough outdoor air into the fan system. If the suggested building knowledge exercises have been conscientiously pursued then the trade to call for help will be known.

3.3.2 Equipment

It will be necessary to monitor system performance for a period of time to assemble some baseline data before most faults are correctly diagnosed. This is true whether there is an outside vendor or the problem is addressed with in-house resources. The multi-purpose thermometer previously mentioned is essential, along with an airflow meter to gauge fan and diffuser output. Quite often, a fault will take a period of time to become apparent. For this type of problem a recording thermohygrograph is a convenient way to acquire the necessary facts. These facts can then be analysed to isolate the fault and direct correction. The major control vendors sell kits of tools (some special for particular devices) that contain the essential hand tools to make minor adjustments, as well as gauges and meters to read controller outputs.

Please bear in mind that all safety and working practices must be followed while working with and around moving equipment, high pressure equipment, or electrical equipment.

3.3.3 Detailed Procedures

There are two conditions that will dictate the use of in-house or outside vendor service. These are the age of the building and the experience of the manager/technician team. If the team knows the building and its systems, chances are, that a minimum of outside help will be needed. On the other hand if the team is new and the building is still "strange", outside help is indicated. This may involve other disciplines and resources either from the department or outside.

The Outline of Service Requisition in Appendix 5.9 provides a checklist for both in-house and vendor control validation for a simple pneumatic system that is likely to be found in a building of 3000 m^2. In addition, most vendors of mechanical equipment provide check lists for troubleshooting their equipment. These should be referred to for specifics. They will be found in the as-builts/shop drawings.

3.3.4 Assessment

Unless there are serious design flaws in the building systems, these procedures will provide an environment that is comfortable for the occupants and economical for the owner. This was the original objective set for the building. Design problems are beyond the scope of this document, but they do exist. They usually can be solved,but often it takes times to (a) prove they exist and (b) marshall resources for remedial work.

If the manager is unable to correct a fault and it persists, further steps must be taken to restore or improve building performance. The following questions can be used as indicators of poor performance:

a) are operating costs beyond reasonable limits set for the building by departmental standards?

b) are environmental conditions the source of complaints, either involving people or equipment (e.g., electronic data processing)?

c) are the maintenance costs greater than departmental or industry standards for the type and occupancy of the building?

Usually, these questions only arise in existing building. On occasion, new buildings will have inherent problems that require the same "retrofit" attention as old ones. This will usually be indicated if any, or all, of the above questions are answered affirmatively. They may all be affirmative. If this is the case then the need for a program is enhanced. See the portions of Appendix 5.3 that deal with retrofits.

4. REFERENCES

Andrews, F.T. **Building Mechanical Systems**. New York: McGraw–Hill, 1977.

Automatic Temperature Controls for Energy/Cost Effectiveness, American Society of Heating, Refrigeration and Air–Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tullie Circle, NE Atlanta, GA 30329

Computer–based Monitoring and Controls for Energy/Cost Effectiveness, American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, Inc. ibid.

Edwards, J.E. **Automatic Controls for Heating and Air Conditioning**. New York: McGraw–Hill, 1980. Easy reading and good coverage of the subject by an installation man. Strictly pneumatic.

Handbook of Building Maintenance. Building Owners and Managers Association International. Washington, DC, 20005

Handbooks, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA, 30329

Henderson, J.K., Hartnet, W.I. & Shatkun, P. **The Handbook of HVAC Systems for Commercial Buildings**. Arnord, MA: Building Owners and Managers Institute International, 1981.

HVAC Systems Testing, Adjusting and Balancing, Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association, Inc. 8224 Old Courthouse Road, Tyson's Corner, Vienna, Virginia 22180.

Johnson Controls, Inc. **Test and Balance Manual**. Milwaukee, WI, 53201

Manifold, G.O. **Automatic Control for Power and Process**. New York: McGraw–Hill,1964.

Meckler, M. **Energy Conservation in Buildings and Industrial Plants**. New York: McGraw–Hill, 1981.

Terminology of Heating, Ventilation, Air Conditioning & Refrigeration. ASHRAE, ibid.

ASHRAE Standard, **Energy Conservation in New Building Design**. ASHRAE and the Illuminating Engineering Society of North America. ASHRAE, ibid.

ASHRAE Standard, **Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance**. ASHRAE, ibid.

5. APPENDICES

5.1 STANDARD TERMS AND UNITS OF MEASUREMENT

Note: Terminology of Heating, Ventilation, Air Conditioning, and Refrigeration published by ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air–Conditioning, Engineers, Inc.) references apply. (Publication code – THVACR). The following terms are not all found in the text. However, they will be helpful to use in discussions with trades and other disciplines.

Air Change Rate The number of complete air changes per unit of time.

B.A.S. Building Automation System.

Building Envelope The outer shell, or the elements of a building which enclose conditioned spaces through which thermal energy may be transferred to or from outdoors.

Building Control & Monitoring System An energy management system, relating to the overall operation of the building in which it is installed, such as equipment monitoring, building security, etc.

Cut–in, (Also CUT–IN Point) The predetermined value–pressure, temperature, etc. at which operation commences.

Cut–out The cessation of an event for which control is applied. (Associated with cut–in)

Dead Band The interval between cut–in and cut–out where operation does not change also known as "differential".

Demand The rate at which electric energy is delivered to or by a system, part of a system, or a piece of equipment; expressed in kilowatts, kilovoltamperes, or other suitable unit at a given instant or averaged over any designated period.

Design Conditions The conditions (temperature, humidity etc.) required to be produced and maintained by an air conditioning system, as specified.

Differential Of a control, the difference between cut–in and cut–out temperatures or pressures.

Duct A passageway made of sheet metal or other suitable material, not necessarily leak tight, used for conveying air or other gases at low pressures.

EMCS Energy Monitoring & Control System

Exhaust Air (Extracted Air) Air discharged from any conditioned space to outdoors.

Feeder (Electric) A main distribution line, usually three phase, supplying electric energy within an electric service area or sub–area.

Infiltration The uncontrolled inward air leakage through cracks and interstices in any building element and around windows and doors of a building,caused by the air pressure effects of wind or the effect of differences in indoor and outdoor air density.

Load 1. The material, force, torque, energy, or power applied to or removed from a system or element. 2. Design load.

Log 1. A record of events and data pertinent to a machine operation. 2. A printout of the status of all points in a system. 3. A periodic printed summary of operating data.

Modulating Control A method of control capable of increasing or decreasing a variable in an infinite number of steps. The alternate to two position (open/closed) control.

Proportional-band Control The change in the controlled variable required to move the controlled device from one of its extreme limits of travel to the other. It is normally used in conjunction with recording and indicating controllers and is expressed in percent of the chart or scale range. Reciprocal of sensitivity.

Radiator A terminal unit used in hot water or steam systems to deliver heat to a space.

Return Air Air extracted from the conditioned space and totally or partly returned to the air conditioner.

Supply Air Air supplied through ducts to a space.

5.2 GOVERNING AUTHORITIES AND REGULATIONS

The reader is referred to departmental guidelines on environmental conditions that must be maintained, and Treasury Board's Personnel Management Manual, Volume 12, Occupational Safety and Health.

Follow departmental guidelines in procuring outside services.

5.3 THE CONSTRUCTION AND RETROFIT PROCESS

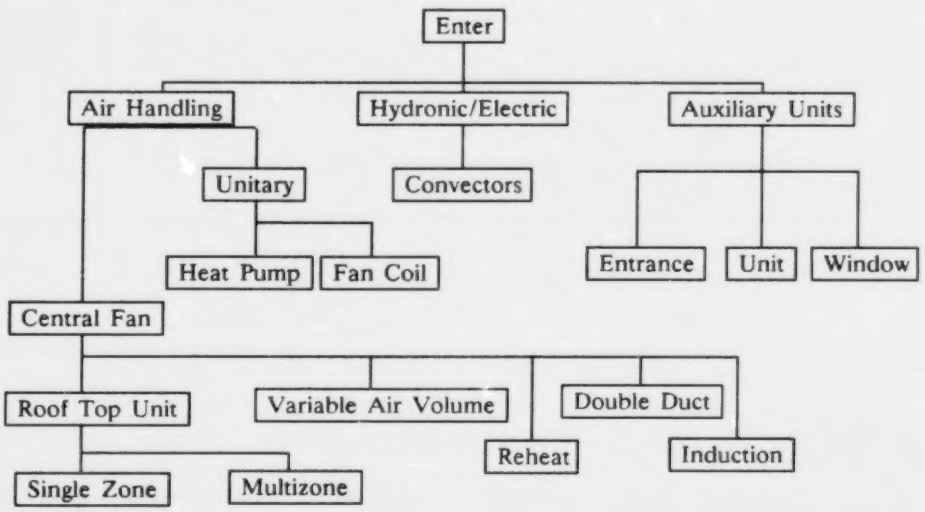
Although there are many checks and balances built into the construction process, the result (the building) can vary from borderline to superior, from a functional standpoint. The realty manager inherits the result of the process. The subject is outlined here to alert the realty manager to the necessity of acquiring building knowledge about the particular structure for which he is responsible.

Since the advent of a national consciousness regarding energy consumption, many building mechanical systems have been retrofitted. The purpose of this work is to modernize the equipment by replacement or upgrading and thus reduce its energy consumption. It is possible that the property manager will be in a position to report the need for such work.

If there is to be a retrofit program planned for the building, serious consideration should be given to using Direct Digital Control (DDC) to replace conventional pneumatic and electric controls. The operators (damper operators and valve actuators) can usually be salvaged, thus saving cost of complete replacement. Since the DDC controls require little if any calibration once set, there will be a saving in operating costs. Due to the close control provided by a properly configured DDC system, it inherently provides a more energy-efficient HVAC system than pneumatic or electric installations.

5.4 TYPES OF BUILDING MECHANICAL SYSTEMS (HVAC)

The following chart is a general outline of the common types of mechanical systems that are encountered in modern buildings. For a complete description of each component refer to the ASHRAE Handbook - 1987 HVAC SYSTEMS.



This chart and the list following cover most of the common units and systems, but is not meant to be exhaustive. Refer also, to the companion document D-33 in this series, on mechanical systems, for further information.

Major Components

- Boilers
- Chillers
- Condensers
- Cooling Towers
- Coils
- Fans
- Pumps
- Filters
- Washers
- Humidifiers

To make an operating system, these components must be combined, usually on site during construction, using a network of ductwork, piping and electrical wiring to complete the assembly. A control system is then applied to this assembly.

System designers select the various mechanical components to match the maximum loads anticipated. Since these loads are the extreme conditions encountered in the

operation of the building, a control system is necessary to modify the capacities of these elements and maintain comfort for the occupants and tolerable operating conditions for equipment.

5.5 TROUBLESHOOTING CHART

Reputable manufacturers include information in their technical data to allow the owner of the equipment to repair it if it breaks down or if components wear out from normal use. This information usually takes the form of a troubleshooting chart. A typical example is shown below.

Trouble-shooting Chart for an Electric Entrance Heater (Typical)

Problem	Checks
No heat	1. Is there power to coil? Check breaker panel. 2. If there is a high limit, has it tripped? 3. Is the local disconnect switch off? 4. Does the heating coil have an open circuit? 5. Is thermostat defective? Out of calibration?

Some of these checks require a neon trouble light tester.

Copies of troubleshooting Charts for all HVAC equipment should be in the AS-BUILT DRAWINGS. Contact the manufacturer if they are not there.

In taking over a new facility, one of the first checks to make is the AS-BUILT DRAWING inventory. Depending on particular department administrative procedures in force at the time of construction, one of the project managers' duties was to ensure delivery and completeness of the as-builts.

Contract holdback money is involved if these documents are not delivered. If the money has been paid in full it may be very difficult to obtain proper operating instructions and AS-BUILTS.

5.6 CONTROL DIAGRAMS - AN INTRODUCTION

By looking up the section on "Controls" in the AS-BUILTS, the manager will be able to quickly review how all the components in the log table he prepared are supposed to function. Although the standard may vary, the basic items in the "Control" as-builts will consist of:

- bill of materials
- sequence of operation
- piping and wiring diagrams
- apparatus bulletins
- parts lists
- service and maintenance instructions

Figure 5.1 shows a typical layout of a control "as-built". By reviewing these drawings and referencing the various schematics to the major air conditioning units, it becomes clear how the equipment is designed to operate. By obtaining an extra set of the control drawings and walking through the building, a new manager can place his own notes on the drawings for future reference. This will also be a valuable learning experience and "confidence builder".

As the manager becomes more comfortable with the mass of information in the as-builts, he will note that not all the controls are listed in the control section.

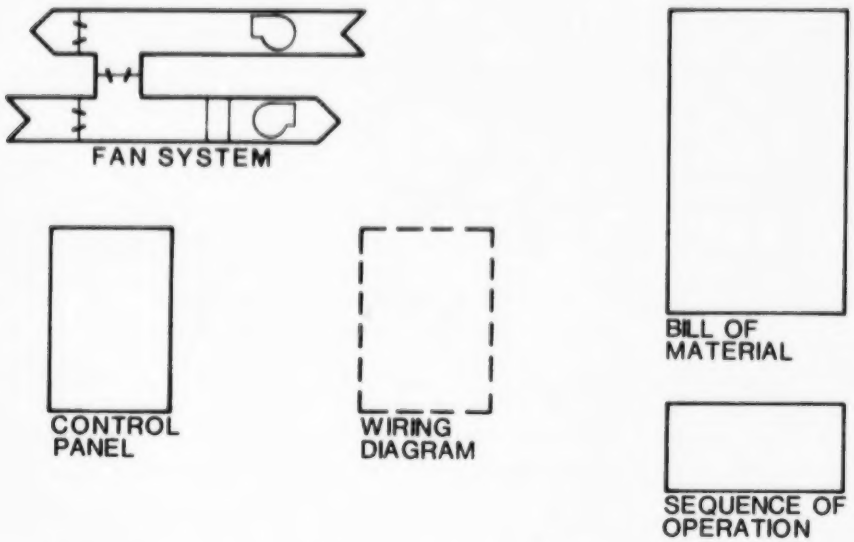


Figure 5.1: Typical As-built Control Drawing Layout

Some exceptions are:

- boilers
- chillers
- roof top units
- entrance and unit heaters
- unitary heat pumps
- cooling towers
- miscellaneous equipment e.g. water coolers

This is a general statement since the control subcontractor may have been responsible for starting and stopping or monitoring the state of some or all of these components. However, as a rule, the boilers and chillers and to a lesser extent, the other units listed have their own integral factory-mounted controls. The manufacturer's data sheets contained in the AS-BUILT manual will outline the operation of the corresponding units.

One final comment concerns maintenance and spare parts. Often in the confusion of building turnover, vital service and maintenance information is lost. Quite often it is years before there is a need for reference when spare parts are required. It is found,

then, that a substitution has to be made. This substitution may be a costly solution that could have been avoided if the proper part could have been identified and procured. These AS-BUILTS are extremely valuable documents, not only from a training standpoint, but also for future service.Since all the HVAC equipment is powered by the building electrical service, the AS-BUILT of the electrical motor control centre (MCC) is the next most helpful learning document. The location of major motor switches must be known, as a minimum requirement. This information is available from the electrical AS-BUILTS and can be noted on the log and control diagrams for future reference.

Consider the elementary central fan system shown in Figure 5.2. This schematic is common to control manufacturers and is intended to show the content and relative locations of the components that form a fan system. It is simplified for clarity. The actual mechanical drawings produced by the mechanical consulting engineer will likely be more complicated, since they must be to scale and show the developed plans and sections of the equipment. They may show an elementary control system for record purposes. You are advised to be guided by the approved AS-BUILTS.

Before any discussion of controls and their application can be useful, the major controlled equipment must be identified and purpose described. Here the SUPPLY FAN draws air from outdoors and discharges it to the DUCTWORK that distributes it to the corresponding conditioned area of the building. AUTOMATIC DAMPERS are used to control the flow of air from outside and from the conditioned space, drawn back by the RETURN FAN. As the air passes over the heating/cooling coils it may be heated or cooled as dictated by the controls sensing the load (the room thermostat). As noted earlier, the controls are used to modify the capacity of the system so that just the right temperature of air is introduced to keep the area comfortable. This must be accomplished without draughts or excess noise. This simple system will satisfy the following ASHRAE conditions: ventilating (by introducing outdoor air) filtering (with the air filter); heating (with the heating coil) and cooling/dehumidifying (with the cooling coil).

The damper system functions to mix the outdoor air with the return air. This usually is at 12–13°C. This is also the minimum temperature that air can be introduced into an occupied area. Any air that is not needed for the mix is expelled to outdoors through the EXHAUST dampers.

This MIX temperature is one to be monitored very carefully, because it can cause wasted energy in either the heating or cooling mode. As will be seen when the controls are applied, the dampers are intended to move proportionately or MODULATE to maintain the temperature of the mixture. When the supply and returns fans are off, the outdoor and exhaust dampers close while the return dampers open. This is their DEFAULT or NORMAL position.

The two fans are usually electrically connected so that they run together. This is known as INTERLOCKING and will be present in many control sequences. It is also an important feature to keep in mind when trouble shooting. For example, if a motor is not running when it should be then it may be LOCKED OUT because of an interlocking sequence.

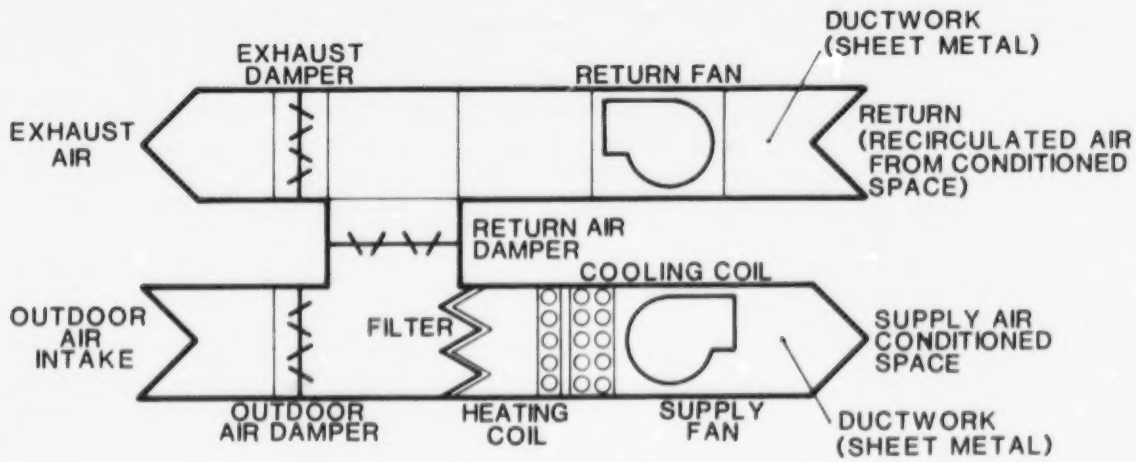
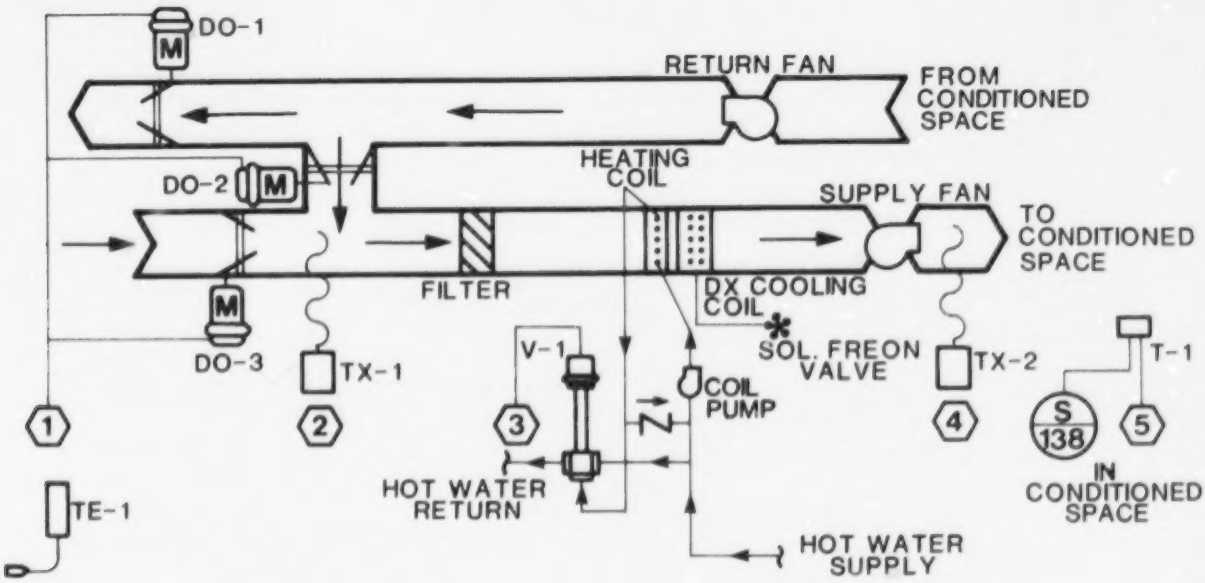


Figure 5.2: Elementary Central Fan System (Schematic)

Figure 5.3 is an example of the same fan system with a control system (pneumatic) applied to it. This is similar to what will appear on the AS-BUILTS. In addition to this sketch, there will be a BILL OF MATERIAL that will identify the controls and a SEQUENCE OF OPERATION that will explain how the system works. Before attempting to identify a problem you must know what the system is supposed to do when it is operating as originally specified. It is not necessary to know how a control works internally – just how it interacts with the other elements to produce the result in the SEQUENCE OF OPERATION.

The BILL OF MATERIAL will look like this, although details may vary from one manufacturer to another:

Code	Item	Bulletin/Model	Range/Set
DO-1,2,3	Damper operator	D-1234	34-69 Pa
V-1	3 way valve	V-4567	28-69 Pa
TE-1	Change-over Controller	T-765-1	18°C
TX-1,2	Transmitter	T-3434-5	0-37.8°C
AV-1,2,3	Solenoid	Vp-334-D	115 VAC
TC-1,2	Controller	RC-8001-1	0-37.8°C
TH-1,2	Temperature Indicator	TH-5106-5	0-37.8°C
MS-1	Manual Switch	S-25-1	
GA-1	Air Gauge	G-2300-5	0-138 Pa
PE-1	Pressure/electric Switch	P-641-2	0-138 kPa
PV-1	Air Valve	A-123	0-138 kPa



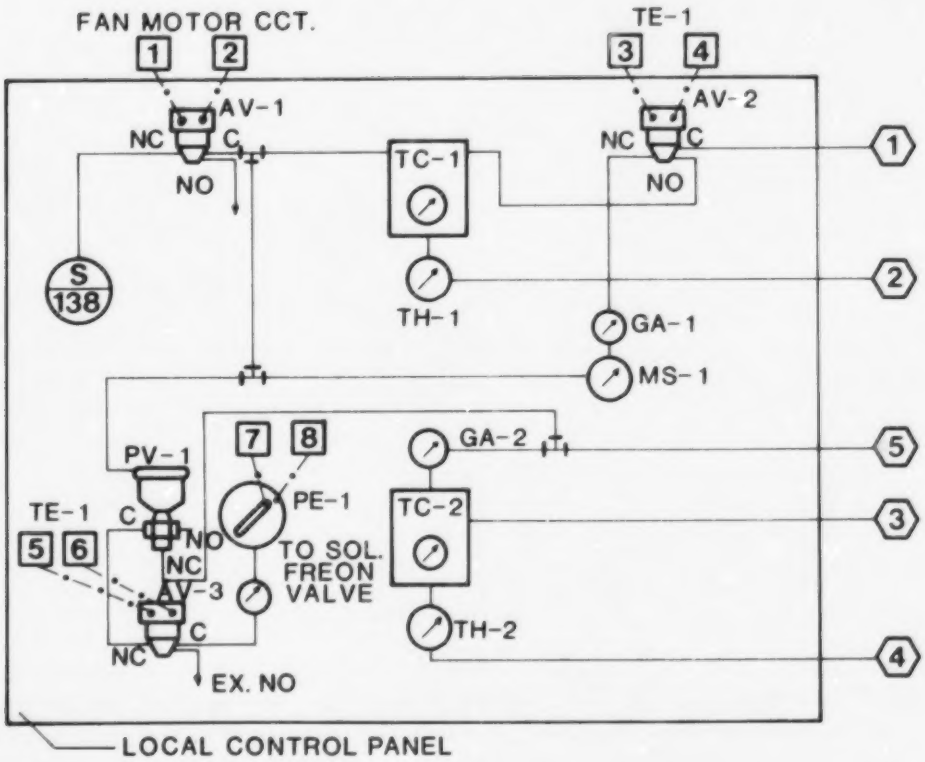


Figure 5.3 Fan System Control

These items will usually be supported by bulletins that outline the function and specifications of the corresponding apparatus. Depending on the manufacturer there will also be repair and service instructions along with calibration directions, where applicable.

SEQUENCE OF OPERATION

When the supply fan is manually started, the electrical interlocks made at the Motor Control Center allow the return fan to run. The solenoid air valve, AV–1, is energized to supply air to the controller and allow the cooling to function.

Controller, TC–1, with its temperature transmitter sensing mixed air temperature, modulates the outdoor, return and exhaust dampers to maintain the set point. TE–1, a two position electric controller will index solenoid air valves, AV–2,3 when the temperature rises above its set point. This allows the dampers to take a fixed position for minimum air as set on switch, MS–1 and cooling to be available through the solenoid freon valve on the direct expansion (DX) coil. TC–2 modulates heating coil valve, V–1 to maintain set point. This set point is automatically reset by room controller, T–1 to compensate for any change in load. This room controller will cycle the solenoid freon valve to provide cooling as required.

Note that this sequence of operation is brief and concise. Since there is considerable amount of technique "built" into these control arrangements, a word of explanation will make the purpose of the components clearer. Once a sequence has been read and understood, the manager may want to put further notes on his set of drawings. After examining several different building control installations, these explanations may not be necessary. However, the notes will form a valuable reference if there is a problem with a system in the future. In addition, if the manager does not encounter a particular system for some time these notes can provide a refresher, in case of a problem.

Here is an explanation of the purpose and interaction of the various items in the bill of material and sequence of operation. The AV–1 is electrically connected into the supply fan motor control circuit so that it is energized when the fan motor circuit is closed. This precaution is necessary to prevent the outdoor air dampers opening if the fans are not running. Also, it locks out the cooling through PV–1. At low outdoor air temperatures, it is dangerous to the equipment if there is cold air entering the fan system in an uncontrolled manner. In addition, there is a possibility of air from the conditioned space served by this fan system reversing and flowing out through the outdoor air damper. The same comments hold of the exhaust air dampers.

It is important to have both the supply and return fans running at the same time so that the design AIR CHANGES can be provided. This is a DESIGN CONDITION.

Note that the controllers have corresponding transmitters. This is a modern replacement for the duct–mounted controller. Older–style controllers were hampered by the length of sensing element or capillary when the controller was mounted on a plywood panel remote from the sensing point. If there was a centrally located local control panel, long (and expensive) capillaries were needed. The temperature transmitter permits the remote sensing to be a distance from the panel/cabinet–mounted controller. In turn,

this packaging allows all the pertinent controls for a particular fan system to be placed in a location that is convenient for observation and adjustment. The functional descriptions here are not changed by the packaging. However, the older systems will have their controls "spread out" through the fan room making observation and adjustment less convenient. The AV's may be mounted at the motor starter or motor control centre instead of with the controllers, for example.

The CAPILLARY part of the LOOP is part of the TRANSMITTER. This control passes a PROPORTIONAL signal, usually 21–103 Pa, to the controller mounted in the cabinet. Instead of the CAPILLARY pressure actuating the controller mechanism,this input air pressure provides the driving signal. Otherwise, the controller operates just like the older duct–mounted or capillary remote bulb units.

In this system there are two CONTROLLERS working together. When the temperature rises at the room thermostat, T–1, its output pressure increases and resets the control point of TC–2. In this way, the fan system can provide air at just the correct temperature to keep the occupants comfortable by modulating the heating coil valve as required and cycling the cooling coil valve to provide cooling, if needed.

For illustration purposes, this system has been kept simple. Quite often, there are timers and alarms added to make the system more efficient and save manual adjustments and monitoring. These added features do not affect the operation of the controls, except to shut down a system if there is a possibility of damage.

For analysis and learning, separate the control systems into LOOPS. For example, the controller, TC–2, with its corresponding transmitter, TX–2, when combined with control valve, V–1, form a LOOP. Room thermostat, T–1, is an ACCESSORY to this loop. The most complicated control system can be analysed using this method.

5.7 GAINING KNOWLEDGE OF THE BUILDING

When taking over a new structure, solicit the help of the design and construction groups in learning the mechanical equipment in the building. This is also an ideal time to start a LOG of the building. Suggested headings for this log are as follows:

LOG
(List of major components and location)

Building Name: _____ Page: _____
Address: _____ By: _____
_____ Date Prepared: _____
_____

	ITEM	LOCATION	SERVES
1	Hot water boiler	Basement Equip. Room	Radiation and coil
2	Chiller	Basement Equip. Room	all air cond. units
3	Cooling Tower	Roof outside Penthouse	Chiller
4	Chilled Water pump	Basement Equip. Room	all air cond. units
5	Entrance heater	In ceiling abv. main entrance	Main entrance
6	?	?	?
7	?	?	?

The location is usually a room or area in the building set aside by the architect to house mechanical and electrical equipment. To a lesser extent,areas are defined for telecommunications and elevator service equipment.

Since every building has its individual inventory of equipment, this list can go on for several pages, or in the case of a smaller building – just a few pages. Preparing such a list results in gaining an immediate knowledge of the mechanical equipment and associated controls. This knowledge is essential if the building is going to be operated efficiently for maximum occupant comfort. This is the initial step in familiarization.

5.8 TYPES OF CONTROLS

There are three types of control that are encountered in commercial buildings. These are pneumatic, electric and electronic. Rarely in medium to large buildings are all electric or all electronic systems found. This is because the pneumatic operator is a simple, reliable, proven device. Since the operator is the final link in the control system, if it does not work properly, then all the other components will not be of much use.

As seen in Figure 5.3, pneumatic systems have electric components that have special features needed to effect a good control system. Two examples in this system are the solenoid air valves, AV–1,2 and the switching controller, TE–1.

Within the last few years a radically new series of controls has been put on the market. Although the electronic technology has been used in industrial control for some years the commercial application is fairly recent. This series is classified as DIRECT DIGITAL CONTROLS (DDC). They are entirely electronic and usually involve some computer input to condition them for the individual application. As guidance for those who may encounter these DDC controls, the recommendation is made that you refer to the manufacturer for information.

From a system operation standpoint, the DDC units are receiver controllers that use a computer program to simulate the mechanical controller function. Set point tuning is through a central computer or local terminal in the mechanical equipment room.

Since some of these DDC systems have pneumatic valves and damper operators, the guide on service and check out will still apply (Section 5.9). The electronic signal output of the DDC controller is usually transduced to a pneumatic signal to drive these operators.

Pneumatic operators have a long history of satisfactory service in all types of buildings.

The manufacturers of these controls are nationally represented, usually with direct factory branch offices in the principal cities. Most of them are US–based, but European manufacturers have made some inroads into the market recently. The three oldest firms in Canada have been in business since the early 1900's and so, are well established.

The product and installation in any particular building is the result of the sequence of events in "The Construction Process". Of all members of the construction team, "controls" is one of the few that has a direct manufacturer's connection. Although the control vendor won the contract by competitive bidding, the resulting contract endures as an installation by that particular manufacturer. This is an important point to remember, because the manufacturers prize their reputation very highly in the competitive market place.

The other type of organization that installs and services controls can be called "Local", although they may have offices in more than one city. Usually,former employees of one of the major manufacturers have recognized a niche in the commercial market and have banded together to form an enterprise to service all manufacturers' installations. They may also have obtained distribution rights to off–shore control product or less widely distributed North American equipment. If one of these firms is represented in the area, their track record can be investigated by asking for a customer list and following up with enquiries about the company's reputation. Any service parts required may present a problem if it is necessary to replace equipment. Most of the major manufacturers offer counter service where anyone can purchase the required control replacements and parts.

It's good to have at least a minimum knowledge of the three types of controls to make dialogue with a manufacturer easier. Being able to ask the right questions sometimes avoids misunderstandings and unfulfilled expectations.

Pneumatic Controls

- long history of dependable operation
- operators, in particular, are sturdy, simple and reliable
- fail–safe feature can be built into the design. For example, on a heating application the control valves will open to provide heat on air pressure failure.
- the operators can provide good proportional control because they are infinitely resolved
- original installation usually done by the manufacturer thus providing sole responsibility for control system

- single standard of quality throughout the range of products from all manufacturers
- complete assemblies can usually be interchanged between manufacturers since all operate on 138 kPa air pressure supply system.
- not affected by transient electrical interference
- essentially explosion proof
- system mode and controller cycle can be easily and continuously observed through system air gauges
- moisture causes faults in pneumatic controls. It can be avoided by proper installation of air piping (avoiding cold areas) and proper maintenance of the air supply compressor.
- with the advent of DDC most manufacturers now offer controllers with PROPORTIONAL PLUS INTEGRAL (PI) and PROPORTIONAL PLUS INTEGRAL PLUS DERIVATIVE (PID) as options in their pneumatic controller lines. These features come very close to matching DDC performance in all but the most stringent application.

This is a brief outline of the major characteristics that have proven the effectiveness of pneumatic controls over the past eight decades. The other long time product line on the market is electric controls.

Electric Controls

- almost as old as pneumatics; in fact the first thermostat was electric but the line did not evolve as rapidly as pneumatics
- operators are more complicated than pneumatic, being based on an electric motor and thus having a fixed speed of operation
- not infinitely resolved–fixed speed regardless of rate of change of controlled variable and input signal
- usually installed by a subcontractor and not the manufacturer, thus split responsibility
- give good service on simple terminal devices such as room control of radiators
- there is a range of quality and subsequently, price of products on the market
- service is usually by replacement and can be expensive
- actuators may or may not have fail safe feature
- no moisture problems but may be affected by voltage fluctuations
- difficult to observe the system mode and controller cycle since there are usually no output signal level indicators
- large market in the ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER (OEM) area such as roof top units, unitary heat pumps, boilers and chillers
- twenty four volts AC transformed from main power to system

With the expansion in the electronics industry many products to control HVAC equipment are being marketed. As in the industry itself, there are a great many manufacturers offering products for a variety of HVAC applications. One fundamental development is the offering of an all–electronic control system that will be widely accepted. This is the production of an infinitely resolved operator that has the characteristics and price of its pneumatic counterpart. This is particularly true with the

application on VARIABLE AIR VOLUME terminal units. As noted below, electronic controls offer some unique advantages when combined into an integrated system.

Electronic Controls

- sensing is highly accurate using resistance elements
- TRANSDUCERS are used to drive pneumatic operators
- convenient to connect to central control for EMCS or BAS and BCMS
- requirement for recalibration virtually eliminated
- must have clean power source and be shielded from interference
- available in PI and PID configurations
- need environment for proper operation
- custom circuits easy to produce and quite cheap when procured off shore
- repair is usually by replacement with little salvage value
- servicing requires more qualified personnel but generally less time
- as with electric there is no easy method to observe system modes and control cycles
- custom units with microprocessors are appearing on OEM equipment such as roof top units

5.9 OUTLINE OF SERVICE REQUISITION

Here is a suggested outline of the scope of work that can be issued to control companies for quotation or used as an in-house document on which to base work order preparation.

- Check main control air supply for proper pressure (for pneumatic).
- Check main air supply is free of oil, dirt, and moisture (for pneumatic).
- Confirm that air and electrical terminations are in accordance with original design (as-builts).
- Place all room thermostats and humidostats at design set point and calibrate each instrument.
- Check that each room control drives its corresponding operator fully, smoothly and in the correct sequence where applicable (e.g. VAV terminal units).
- Check adjustment of central fan controllers, limit controls including fire and low limit thermostats, for calibration and proper operation, according to specified settings on as-built control diagrams.
- Manually stroke each damper and valve operator and check for free and complete travel. Verify default positions (normally open or normally closed).
- Verify operation of all pilot positioners on valves and damper operators.
- Check and validate the operation of all accessory devices: pressure electric switches, solenoid air valves, pressure selectors, relays, both electric and pneumatic, for proper operation.
- Zero pressure gauges where used to measure duct and fan air pressure
- Confirm proper location of sensing elements as well as secure installation inside ducts and chambers.
- With all system components operating, prove all lockout and interlocking sequences.

- Exercise each controller to prove operation of the corresponding operator(s) is correct.
- For systems with changeover modes, switch from one mode to the other and prove proper operation on each cycle. If clock switching is used insure that the dial settings are correct and complete.
- If night or set–back sequences are employed, confirm that each cycle operates according to specification and at the set change–over point.
- Check emergency or back–up mode by simulating failure of main system. Record recovery time and confirm it is within specified limits. Repeat for shut–down of the back–up system and check that recovery time and sequences are within allowable limits.
- For systems having warm–up cycles, set all zone controllers at highest setting in heating mode and check that heating coils and zone dampers are in full heat position. On cooling cycle place all controllers at lowest setting and confirm maximum cooling position of coils and zone dampers. Note recovery time when system reverts to normal cycle.
- Prepare complete report recording the results of the checks and tests as well as confirming all control equipment has been left set and calibrated according to original specification.
- Be prepared to give a verbal review and report to the owner's representative during and after each system inspection.
- Review the operation of each system with the owner's personnel and provide any explanations and operating suggestions necessary.
- List recommendations for any further service and repair that may be needed if any control component or controlled equipment prevents the system from operating according to specification.

By using this list as a framework, a well documented work description can be generated to be issued to interested parties. Note that there are certain reporting activities required by the vendor. When properly fulfilled, the result is documentation that (a) the control system is operating to specification and by implication (b) that the mechanical equipment is in good operating order. Depending on the age of the facility, faults will show up in either the controls or in mechanical equipment. This will lead into the service and repair phase of the control and/or mechanical equipment. After this has been attended to, operating costs and occupant satisfaction can be examined to gauge the effectiveness of the inspections, adjustments and repair phases.

5.10 BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews:	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance
	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation des contrôles mécaniques

Document D34

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation des contrôles mécaniques

Document D34

SAG 1-4:86-43

mars 1988

Les sujets traités dans ce document représentent les points de vue des auteurs et ne sont pas nécessairement les points de vue ou toutes lignes de conduite du département des Travaux publics.

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation et n'offre aucune garantie expresse ou implicite, à propos de la présente publication ou des programmes ou renseignements qui y sont décrits, pas plus qu'à l'égard de leur qualité, de leur valeur commerciale ou de leur aptitude à remplir des fins particulières ou à produire un résultat particulier. Le Ministre ou Sa Majesté la Reine du droit du Canada ou ses employés, serviteurs ou agents ne sauraient en aucun cas être responsables envers qui que ce soit de tout tort direct, indirect ou conséquent découlant de l'emploi de ladite publication ou des programmes ou renseignements qu'elle contient.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document

ÉVALUATION DES CONTRÔLES MÉCANIQUES

2. Numéro de contrôle
AES/SAG 1-4:86-43

3. Date
mars 1988

4. Auteur(s)
Victor Engineering Ltd.

5. No de réf. du conseil

6. Chargé de projet

7. No de la collection technique
D34

8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur

Division du rendement des immeubles, T.P.C.
Local C-548, Édifice Sir Charles Tupper
Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2
Téléphone: (613) 998-7830

9. Type de document
Lignes directrices

10. Nombre de pages
30

11. Nom et adresse de l'organisme promoteur

Technologie du design, de la construction et de l'immobilier
Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale
Logement

12. No de dossier de TPC
A4270-16

13. No de projet de TPC
602055

14. Notes

Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.

15. No de publication de ASC

16. ISBN

17. Résumé

Ce document assistera le directeur d'immeuble à opérer un bâtiment efficacement et économiquement. Il secondera le professionnel ou le technicien avec expérience restreinte dans les systèmes de contrôle de chauffage, de ventilation, et de conditionnement d'air afin de satisfaire les besoins des deux élèments dynamiques présents dans l'immeuble: les occupants et les coûts d'operation.

Ce document inclut les étapes d'évaluation du système de contrôle du CVCA pour un immeuble de 3000 mètres carrés ou moins. L'évaluation débute avec un évaluation préliminaire, suivie des techniques simples de mesure, et se terminera par un monitorage détaillé et spécialisé. Les annexes enferment une information détaillée sur l'entretien et la résolution de problèmes, et englobent une introduction sur les schémas de contrôle du CVCA.

18. Diffusion
Exemplaires disponibles:
Centre de documentation
Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada
Édifice Sir Charles Tupper
Promenade Riverside
Ottawa, Ontario K1A 0M2

19. Mots clés

20. No de catalogue du centre de documentation
BP D34b

21. Prix

TABLE DE MATIÈRES

1.	**INTRODUCTION**	*1*
1.1	Buts et objectifs	*1*
1.2	Information de base	*1*
2.	**DÉLIMINATION DU SUJET**	*2*
2.1	Cadre général	*2*
2.2	Limites des techniques d'évaluation	*2*
3.	**MÉTHODOLOGIE**	*3*
3.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	*3*
3.1.1	Description des techniques	*3*
3.1.2	Équipement	*3*
3.1.3	Démarche détaillée	*3*
3.1.4	Évaluation	*4*
3.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*5*
3.2	Étape II – Techniques simples de mesure	*5*
3.2.1	Description des techniques	*5*
3.2.2	Équipement	*5*
3.2.3	Démarche détaillée	*5*
3.2.4	Évaluation	*6*
3.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*7*
3.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé	*7*
3.3.1	Description des techniques	*7*
3.3.2	Équipement	*8*
3.3.3	Démarche détaillée	*8*
3.3.4	Évaluation	*8*
4.	**RÉFÉRENCES**	*10*
5.	**ANNEXES**	*11*
5.1	Termes et unités standards de mesure	*11*
5.2	Autorités compétentes et réglementation applicable	*12*
5.3	Processus de construction et d'amélioration des installations	*13*
5.4	Types de systèmes et d'installations CVCA	*13*
5.5	Liste de vérification–Recherche des anomalies de fonctionnement	*14*
5.6	Schémas de commande régulation – Introduction	*15*
5.7	Prise de connaissance du bâtiment	*23*
5.8	Types de systèmes de contrôle	*23*
5.9	Demandes de service	*27*
5.10	Liste de documents évaluant le rendement des immeubles	*30*

LISTES DES FIGURES

3.1	Unité terminale de volume d'air variable	*4*
5.1	Dessin typique de la distribution du contrôle tel-que-construit	*16*
5.2	Système (schématique) élémentaire du ventilateur centralisé	*18*
5.3	Contrôle du système de ventilation	*20*

1. INTRODUCTION

1.1 BUTS ET OBJECTIFS

Le présent document, écrit à l'intention des directeurs d'immeubles, les aidera à découvrir et à mettre en pratique des méthodes économiques et efficaces d'exploitation des bâtiments et de les aider à déterminer, dans le cas d'un malfonctionnement quelconque, s'il est nécessaire de faire appel à des ressources externes. Un directeur d'immeuble usant de bon jugement et employant ce document sera confident que l'immeuble rencontrera les besoins des occupants tout en utilisant le minimum en énergie.

1.2 INFORMATION DE BASE

Voici les hypothèses qui ont servi de base à la préparation du présent document et qu'il est important de noter afin de les utiliser efficacement.

1. Le bâtiment de référence est plutôt petit, sa superficie n'étant pas supérieure à 3000 m^2;
2. Un technicien (du bâtiment) diplômé fait partie du personnel;
3. Le directeur est responsable du confort des occupants (température ambiante, humidité relative, qualité de l'air ambiant);
4. Des fonds suffisants ont été alloués pour permettre au directeur d'assumer la responsabilité décrite à l'item 3.

Le présent document informe sur les contrôles mécaniques s'appliquant aux installations de chauffage, ventilation, et conditionnement de l'air (CVCA). Vu le très grand nombre de sortes et modèles, cette information sera généralisée et les principes seront mis en évidence. Pour plus de détails, le lecteur devra se porter aux divers documents de référence mentionnés plus loin. Le document D33, Évaluation des installations mécaniques décrit l'évaluation des systèmes de l'immeuble.

2. DÉLIMITATION DU SUJET

2.1 CADRE GÉNÉRAL

Comme le présent document s'adresse à des professionnels et à des techniciens dont l'expérience liée aux systèmes de contrôle des installations de CVCA peut parfois être limitée, l'information qui y est contenue est livrée étape par étape.

Le confort des occupants et les coûts d'exploitation sont les deux éléments dynamiques qu'un directeur d'immeuble doit essayer de concilier; s'il veut arriver à exploiter les systèmes et installations mécaniques de façon efficace, il doit veiller à ce que ces deux éléments soient bien balancés. Pour ce faire, il doit bien connaître les appareils et systèmes de CVCA du bâtiment ainsi que les appareils et systèmes de contrôle qui leur sont connexes.

2.2 LIMITES DES TECHNIQUES D'ÉVALUATION

Dans un immeuble de dimensions inférieures à 3000 mètres carrés, les systèmes de contrôle liés aux systèmes et installations mécaniques sont de conception relativement simple. Les problèmes qui sont soulevés sont des problèmes plutôt courants et faciles à résoudre même si, à première vue, ils peuvent sembler complexes. En pareil cas, un directeur qui connaît certaines techniques de base est en mesure d'évaluer rapidement l'efficacité d'un système de contrôle et des systèmes et installations de CVCA connexes et de résoudre la plupart des problèmes qui surgissent.

Des lignes directrices concernant le recours à des ressources externes pour les cas plus sérieux sont données. Un directeur doit toujours justifier les dépenses qu'il impose à la Couronne pour des interventions externes. En général, lorsqu'il y a peu de plaintes et que le bâtiment est exploité dans des limites de coûts acceptables, il n'est pas nécessaire de procéder à des contrôles approfondis. L'exploitation efficace du bâtiment nécessite de la part du directeur un investissement de temps considérable.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 ÉTAPE 1 – ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE (INTRODUCTION)

Avant de tenter d'évaluer le système de contrôle, il faut assimiler les fonctions de l'ensemble du bâtiment et avoir pris connaissance du rôle de chaque pièce d'équipement à l'intérieur de ce système dynamique.

3.1.1 Description des techniques

Qu'il s'agisse d'un ancien bâtiment ou d'un bâtiment nouveau, le travail requis pour réaliser une bonne évaluation de la performance d'un immeuble est le même dans les deux cas.

Un nouveau bâtiment est un immeuble qui est occupé depuis moins d'un an; et un bâtiment existant est celui qui est occupé depuis plus d'un an. Dans les deux cas, une visite de recherche des appareils et systèmes, et l'établissement d'un carnet d'exploitation sont nécessaires. Pour ce qui est du carnet d'exploitation, se reporter à l'annexe 5.7, Prise de connaissance du bâtiment. La visite de recherche, elle, est expliquée au paragraphe 3.1.3 intitulé "Démarche détaillée".

3.1.2 Équipement

Liste des outils de travail suggérés:

- série de dessins de construction mis à jour;
- lampe de poche;
- planchette à pince avec un exemplaire du carnet d'exploitation (voir le paragraphe 5.7 pour le type de formulaire suggéré);

3.1.3 Démarche détaillée

Il est nécessaire de localiser les installations de CVCA et de connaître quels secteurs de l'immeuble sont désservis par chacune de ces installations.

En se reportant aux dessins, trouver les secteurs où les installations de CVCA sont concentrées. Ces locaux sont habituellement appellés: "salles de ventilateurs" ou "salles d'installations mécaniques". Il peut également y avoir des appareils installés sur le toît auxquels on a accès par une échelle ou une trappe. Selon la pratique courante, chaque pièce d'équipement doit être identifiée conformément aux prescriptions du devis de construction (par exemple ALIMENTATION, REZ-DE-CHAUSSÉE).

Cette première étape terminée, rechercher ensuite les différents systèmes et appareils individuels pour voir quels secteurs particuliers ils désservent. On doit répéter la visite de recherche jusqu'à suffisamment bien connaître le réseau pour pouvoir, advenant une panne ou un problème quelconque dans le bâtiment, reconnaître l'appareil ou le système en cause et savoir exactement où il se trouve. Les principaux éléments composants des systèmes et installations ainsi que leur emplacement propre doivent être notés au carnet d'exploitation.

Aussi, la présence d'appareils monoblocs autonomes tels les appareils de chauffage d'entrée, peuvent également être à l'origine de problèmes, il faut donc procéder à une visite de recherche plus poussée afin d'en déterminer l'emplacement.

Il en est de même pour les éléments terminaux dissimulés dans les entre-plafonds. Les diffuseurs reliés à ces appareils installés en fin de réseau sont les seules indications de leur existence. La figure 3.1 montre les détails d'un appareil typique monté au plafond. Pour identifier à quelle salle d'équipement chacun des éléments terminaux est relié, il faut se reporter aux dessins et au carnet d'exploitation.

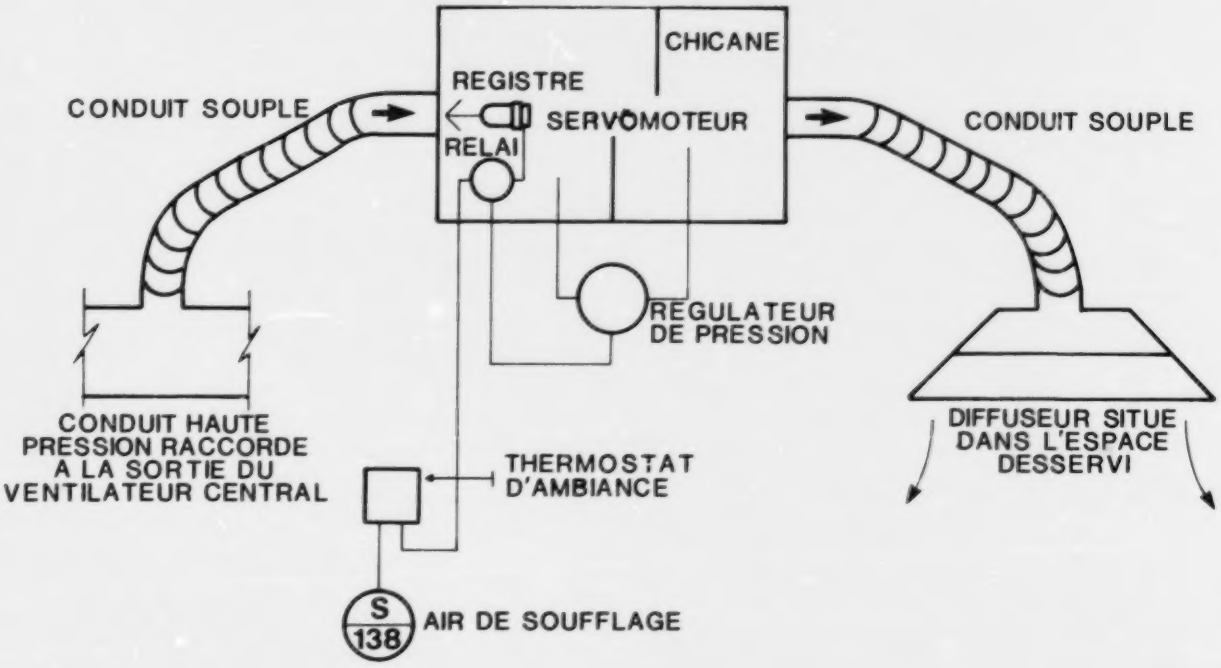


Figure 3.1 Unité terminale de volume d'air variable (VAV) à grande vitesse

Il se peut qu'il faille rassembler sur place les renseignements concernant certains bâtiments pour lesquels il n'existe plus de dessins ni de données sur les installations mécaniques ou dont les dossiers de modifications sont à peu près inexistants. À ce moment, le personnel d'exploitation travaillant dans le bâtiment qui connaît bien les installations mécaniques peut être d'une aide précieuse. Comme c'est le cas pour un nouveau bâtiment, la connaissance d'un bâtiment existant exige beaucoup de temps.

3.1.4 Évaluation

La rétroaction en provenance de un ou des deux éléments mentionnés en 2.1 (i.e. savoir les occupants et les coûts d'exploitation) est une indication du mauvais fonctionnement des systèmes de contrôles. Les occupants, y compris le directeur, seront

les premiers à ressentir un inconfort quelconque (trop chaud, trop froid, courants d'air, ou tout outre problème). La recherche de l'installation défaillante est entreprise et, une fois décelé, le problème est analysé puis solutionné. Le tout sera décrit à l'étape III.

3.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Comme nous l'avons déjà mentionné, la connaissance d'un bâtiment particulier exige beaucoup d'un directeur. Ironiquement, par ailleurs, plus les problèmes sont fréquents, plus rapide est l'apprentissage.

Dans le cas du bâtiment de référence, le directeur qui possède une certaine aptitude à lire les dessins peut se sentir parfaitement à l'aise après 8 heures d'exploration et de recherche. Plus les systèmes ou les installations sont complexes, plus le processus est long. Pour gagner du temps, le directeur peut s'adjoindre des personnes ou desouvriers qualifiés qui connaissent bien le bâtiment en question. Une bonne collaboration, au cours de cette étape, entre le directeur et le technicien local permet en général une meilleure efficacité dans les cas d'urgence, en ce qui a trait à la recherche et à la reconnaissance des pannes.

3.2 ÉTAPE II – TECHNIQUES SIMPLES DE MESURE

3.2.1 Description des techniques

Une fois qu'un problème signalé a été reconnu, différentes techniques de contrôle sont possibles: les techniques simples de mesure consistent exclusivement à examiner les appareils de contrôle en vue devérifier leur fonctionnement.

3.2.2 Équipement

Le seul appareil requis est un bon thermomètre de poche, de préférence un thermomètre capable d'indiquer la température de surface des canalisations en plus de celle de l'air ambiant. L'autre outil de travail essentiel est un jeu des schémas à jour du système de contrôle.

Dans les bâtiments de construction récente, les températures et pressions critiques sont généralement affichées sur des tableaux. Le thermomètre sert alors à vérifier la précision de ces lectures.

Dans les bâtiments plus anciens où les températures et pressions ne sont pas affichées le thermomètre de poche sert à prendre les lectures nécessaires.

3.2.3 Démarche détaillée

Le processus de familiarisation avec les systèmes de contrôle est similaire au processus de recherche et de reconnaissance des systèmes et installations mécaniques d'un bâtiment sauf qu'au lieu des dessins de mécanique, ce sont les schémas de contrôle qui sont utilisés comme documents guides.

La section 5.6 de l'annexe 5 présente un schéma simplifié des contrôles avec séquence des opérations correspondante. À l'aide d'un tel outil de travail, le directeur, de concert avec le technicien, peut déterminer l'emplacement de l'équipement et en reconnaîtreles divers éléments composants. Le fait d'annoter le schéma en rouge, en indiquant la

fonction des divers éléments par exemple, permet de mieux comprendre le système ainsi que le déroulement des opérations. S'il ne veut pas être pris au dépourvu en cas d'urgence, le directeur doit consacrer tout le temps nécessaire à l'étude du système de contrôle du bâtiment et à la reconnaissance de ses éléments composants. Cette activité est nécessaire à l'exploitation efficace d'un bâtiment.

Dans le cas d'un bâtiment neuf, le fournisseur d'équipements de contrôle est généralement disposé à fournir tous les renseignements nécessaires.

Par contre, dans le cas d'un bâtiment existant, le personnel en place est habituellement en mesure de transmettre les renseignements pertinents colligés en cours d'exploitation comme, par exemple, l'effet sur le confort thermique des vents dominants violents ou de températures élevées en pleine été (zones beaucoup plus chaudes que d'autres). Le directeur doit alors analyser les situations rapportées afin de déterminer si elles sont le reflet de phénomènes naturels ou la conséquence d'une défaillance du système de contrôle, nécessitant une correction quelconque.

Voici une liste de points à vérifier au moment d'effectuer une recherche de panne.

a) Le problème est-il nouveau?
b) Dans l'affirmative, peut-on l'attribuer à une installation?
c) Une fois l'installation identifiée, peut-on restreindre le problème à l'un des éléments composants?
d) Si l'élément composant est assujetti à un contrôle, consulter dans le manuel d'exploitation de la séquence des opérations pour voir si la défaillance est liée à ce contrôle ou bien liée à un autre système pour le contrôle.
e) Si la réparation peut être effectuée par le personnel en place, procéder aux travaux; sinon, faire appel à des ressources externes. Se reporter au paragraphe 5.9 intitulé Demandes de service.

Si le problème est ancien, consulter le personnel technique en place pour voir quelles solutions ont été essayées auparavant. Si les solutions mentionnées ou proposées semblent raisonnables, les essayer. Si elles semblent inappropriées ou si elles ne remédient pas au problème, refaire la démarche expliquée précédemment (items b) à e)).

Les causes d'un problème rapporté peuvent parfois être évidentes, par exemple, un ventilateur qui ne fonctionne pas cause des problèmes de surchauffe du bâtiment en été. Pour corriger cette défaillance, il suffit peut-être simplement de régler de nouveau la minuterie de commande du ventilateur déréglée lors d'une panne d'électricité possiblement. De telles connaissances s'acquièrent avec l'expérience.

3.2.4 Évaluation

S'il connaît les principes de base de fonctionnement du système de contrôle du bâtiment, le directeur peut rapidement se rendre compte s'il fonctionne selon les exigences. Si c'est le cas, il doit chercher ailleurs la cause du problème porté à son attention. Bien qu'il y a des cas particuliers, en procédant par élimination de façon logique, le directeur et le technicien peuvent en général arriver rapidement à déterminer

les défaillances ou à localiser les pannes signalées. Les renseignements contenus dans le document D33 "Évaluation des installations mécaniques" peuvent aider le directeur du bâtiment ou toute autre personne responsable à reconnaître les problèmes décelés qui ne sont pas attribuables au système de contrôle.

3.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Un bâtiment de 3000 m² comme le bâtiment témoin n'est habituellement pas doté de plus de 5 systèmes de ventilation reliés au système de chauffage et aux appareils auxiliaires comme, par exemple, les tours de refroidissement et les chaudières; et habituellement, ces systèmes sont similaires. Si c'est le cas, la période de familiarisation avec les appareils de contrôle connexes est beaucoup moins longue puisque ce sont les mêmes appareils pour chacun des systèmes en question. Il est recommandé d'indiquer sur un jeu distinct de schémas de contrôle, à des fins de référence ultérieure, toutes les remarques pertinentes concernant le fonctionnement du système. Le fait de noter les observations de la façon indiquée dans le document D33 peut permettre également d'accélérer le processus de familiarisation avec le système de contrôle. Ici encore, pour une meilleure efficacité de gestion, le directeur et le technicien doivent travailler en étroite collaboration.

3.3 ÉTAPE III – MONITORAGE DÉTAILLÉ ET SPÉCIALISÉ

3.3.1 Description des techniques

La présente section porte sur le processus de contrôle initial de la conformité aux exigences du système de contrôle à la suite duquel le directeur peut déterminer s'il doit avoir recours à des ressources externes pour diagnostiquer et corriger une défaillance du système. On présume ici que le directeur et le technicien ont acquis une connaissance pratique des systèmes et installations mécaniques du bâtiment et des appareils de contrôle connexes. Une fois que l'installation ou le système défaillant a été reconnu, reste la partie la plus difficile, soit celle de déterminer quel élément composant cause le problème signalé: appareil ou pièce d'équipement mécanique (batterie de chauffage ou de refroidissement, filtre ou pompe) ou élément ou appareil de contrôle (régulateur, robinet, vanne ou registre). Comme pour les systèmes et installations mécaniques, il s'agit ici également de procéder par élimination. Si l'élément défaillant est un appareil de contrôle, alors l'équipe directeur/technicien peut procéder elle-même à la réparation ou encore faire venir un technicien de l'extérieur. Les méthodes d'étalonnage sont indiquées dans les fiches techniques du fournisseur incorporées aux dessins d'atelier/des ouvrages finis (d'après installation).

Afin d'éviter de payer des frais de service en vain, il faut s'assurer,avant d'appeler le fournisseur du système de contrôle que le problème est bel et bien attribuable à un élément composant de ce système. Par exemple, les causes d'un "manque d'air" dans un secteur particulier d'un bâtiment peuvent être multiples: filtres engorgés, courroies de ventilateur lâches ou usées, volets coupe-feu fermés, régulateur de vitesse (du ventilateur) défectueux, servomoteur de registre défectueux, résultant en un défaut d'admission d'air neuf dans le système de ventilation. Un directeur qui a pris le temps de connaître les différents systèmes du bâtiment est en mesure de déterminer la cause des problèmes et la façond'y remédier, en faisant appel soit aux ressources internes soit à des ressources externes.

3.3.2 Équipement

Afin d'établir une base de données qui permettent éventuellement de diagnostiquer la plupart des défaillances pouvant survenir dans le système, il est nécessaire de soumettre ce dernier à un contrôle approfondi pendant une certaine période de temps afin d'en évaluer la performance. Ceci vaut autant pour les cas où les problèmes sont solutionnés par le personnel sur place que pour les cas où il faut avoir recours à un tierce parti. L'équipement nécessaire pour effectuer ce contrôle sont le thermomètre tout usage mentionné précédemment ainsi qu'un anémomètre servant à mesurer le débit d'air à la sortie des ventilateurs et des diffuseurs. Très souvent, une défaillance du système n'est ressentie dans l'ambiance qu'après une certaine période de temps. Dans les cas semblables, un thermomètre/hygrographe enregistreur peut être très utile pour rassembler les données nécessaires qui permettront de déterminer la cause de la défaillance et d'établir des mesures correctives. Les grands fournisseurs de systèmes de contrôle offrent à leurs clients une trousse contenant les outils à main nécessaires pour effectuer les réglages mineurs ainsi que des jauges, des manomètres et autres appareils indicateurs servant à lire les signaux de sortie des régulateurs.

Bien entendu, tous les travaux effectués sur des pièces mobiles, des appareils haute pression et de l'équipement électrique ou autour d'équipement en mouvement doivent être exécutés selon la pratique courante et dans le respect des règles de sécurité.

3.3.3 Démarche détaillée

L'âge du bâtiment et l'expérience d'exploitation de l'équipe de gestion directeur/technicien sont les deux facteurs qui déterminent si un problème signalé peut être recherché et corrigé par le personnel en place ou encore s'il est préférable d'avoir recours à des ressources externes (y compris d'autres disciplines à l'intérieur ou à l'extérieur du service). Si le directeur et le technicien connaissent bien le bâtiment et ses systèmes, on aura recours à la première solution; dans le cas contraire, à la deuxième.

On trouvera à l'annexe 5.9, une liste de vérification pour le contrôle de la conformité des éléments d'un système pneumatique simple dont peut être doté un bâtiment de 3000 m², liste qui peut servir autant dans le cas d'un contrôle effectué par le personnel du bâtiment que par du personnel étranger. De plus, la plupart des fournisseurs d'équipement mécanique remettent à leurs clients des listes de vérification pour la recherche de pannes touchant leur propre système. Ces listes sont incorporées aux dessins d'atelier et des ouvrages finis et devraient être consultées dans les cas particuliers.

3.3.4 Évaluation

À moins que les différents systèmes du bâtiment ne présentent de sérieux problèmes de conception, les procédures décrites ci-après devraient assurer une ambiance confortable pour les occupants, à des coûts raisonnables pour l'exploitant ou le propriétaire. Aider les directeurs d'immeubles à découvrir les moyens pour atteindre ces objectifs, tel était, on s'en souvient, le but premier pour le bâtiment. Même si l'aspect "conception" et les problèmes connexes débordent l'étendue du présent document, il est important, toutefois, de se rappeler que de tels problèmes existent, qu'ils peuvent

normalement être solutionnés mais que, souvent, il faut du temps pour prouver qu'ils existent et pour mobiliser les ressources qui se chargeront d'apporter les corrections nécessaires.

Advenant une défaillance de la performance du bâtiment, s'il ne peut lui-même apporter les corrections qui s'imposent, le directeur doitprendre toutes les mesures nécessaires pour rétablir ou améliorer cette performance. La liste de questions suivante peut servir d'indices pour une performance pauvre.

a) Les coûts d'exploitation du bâtiment sont-ils au-déla des limites raisonnables établies par le Ministère?
b) Les conditions d'ambiance sont-elles à la source des complaintes. Ont-elles trait au confort des personnes ou au bon fonctionnement de l'équipement (installation de traitement de données, par exemple)?
c) Les coûts d'entretien sont-ils plus élevés que les normes établies par le Ministère ou par l'industrie pour le type et le genre d'occupation du bâtiment en question?

Habituellement ces questions se posent que dans le cas d'un bâtiment existant. Toutefois, il peut arriver que des problèmes inhérents à un bâtiment neuf doivent, pour être solutionnés, faire l'objet de la même démarche que celle préconisée pour les anciens bâtiments. Cette démarche, qui vise en fait l'amélioration des éléments et systèmes du bâtiment, sera envisagée si l'une quelconque ou l'ensemble des réponses aux questions précédentes sont affirmatives. Dans un tel cas, l'établissement d'un programme d'amélioration peut s'avérer nécessaire. Voir à ce sujet l'annexe 5.3.

4. RÉFÉRENCES

Andrews, F.T. **Building Mechanical Systems**. New York: McGraw-Hill, 1977.

Automatic Temperature Controls for Energy/Cost Effectiveness, American Society of Heating, Ventilation and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tullie Circle, NE Atlanta, GA.

Computer-Based Monitoring and Controls for Energy/Cost Effectiveness, American Society of Heating, Ventilation and Air-Conditioning Engineers, Inc. ibid.

Edwards, J.E. **Automatic Controls for Heating and Air Conditioning**. New York: McGraw-Hill, 1980. (Facile à lire; étude approfondie du sujet par un installateur; systèmes pneumatiques seulement.)

Handbook of Building Maintenance. Building Owners and Managers Association International. Washington, DC.

Handbooks, American Society of Heating, Ventilation and Air Conditioning Engineers, Inc. SI Editions, Atlanta, GA.

Henderson, J.K. Hartnet, W.J. & Shatkun, P. **The Handbook of HVAC Systems for Commercial Buildings**, Arnord, MA: Building Owners and Managers Institute International, 1981.

HVAC Systems Testing, Adjusting and Balancing, Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association, Inc., Vienna, Virginia.

Johnson Controls, Inc. **Test and Balance Manual**. Milwaukee, WI, 53201.

Manifold, G.O. **Automatic Control for Power and Process**. New York: McGraw-Hill, 1981.

Meckler, M. **Energy Conservation in Buildings and Industrial Plants**. New York: McGraw-Hill, 1981.

Terminology of Heating, Ventilation, Air Conditioning & Refrigeration. ASHRAE, ibid.

ASHRAE Standard, Energy Conservation in New Building Design. ASHRAE and the Illuminating Engineering Society of North America. ASHRAE, ibid.

ASHRAE Standard, Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance. ASHRAE, ibid.

5. ANNEXES

5.1 TERMES ET UNITÉS STANDARDS DE MESURE

Remarque: Documents de référence: Terminology of Heating, Ventilation, Air–Conditioning and Refrigeration (Terminologie du chauffage, de la ventilation et du conditionnement d'air) publié par ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers Inc.). (Code de publication THVACR). Tous les termes suivants ne sont pas contenus dans le texte. Toutefois, ce sont tous des termes utilisés dans l'industrie qui peuvent être très utiles lors d'échanges avec les corps de métiers visés et d'autres intervenants.

Air de soufflage (Air fourni) Air introduit dans une enceinte donnée par des conduits de distribution.

Air évacué (extracté) Air repris d'une enceinte climatisée et évacué à l'extérieur.

Air repris (air de retour) Air quittant un local climatisé et retournant en tout ou en partie au conditionneur d'air.

Artère d'alimentation (Électricité) Canalisation électrique principale, habituellement triphasée, servant à distribuer de l'énergie électrique à l'intérieur d'une aire de service.

Carnet d'exploitation

1. Dossier où sont relevés les éléments et les données liés à l'exploitation d'une machine.
2. Imprimé de l'état de tous les points de mesure dans un système.
3. Imprimé périodique d'un résumé des données d'exploitation.

Charge –

1. Matériel, force, énergie, puissance ou couple appliqué ou enlevé à un système ou à un élément d'un système.
2. Charge de calcul.

Conditions projetées conditions spécifiées (température, humidité, etc.) à réaliser dans une enceinte conditionnée.

Conduit d'air Tuyau ou canal en tôle ou en un autre matériau approprié, pas nécessairement étanche, servant à véhiculer de l'air ou d'autres gaz à de basses pressions.

Contrôle par bande proportionnelle (d'un régulateur à action proportionnelle) Variation nécessaire de la grandeur à régler pour faire passer l'organe de réglage d'un point limite à l'autre de sa plage de fonctionnement; ce type de régulation est habituellement intégré à un régulateur enregistreur ou à un indicateur; la "bande" est exprimée en pourcentage de la plage de mesure; l'inverse de la sensibilité.

Differentiel (d'un régulateur) Écart entre les grandeurs réglées (température, pression, etc.) correspondant aux points d'enclenchement et de déclenchement du régulateur.

Enveloppe de bâtiment Parois d'enceinte d'un bâtiment fermant des espaces conditionnés, où peuvent se manifester des transmissions thermiques de l'intérieur vers l'extérieur et vice versa.

Infiltration Passage d'air non régulé, par une fissure, une fente dans un élément d'un bâtiment ou par les interstices autour des portes et des fenêtres, de l'extérieur vers l'intérieur d'une enceinte, dû auxpressions du vent et à la différence entre la pression d'air intérieure et la pression d'air extérieure.

Point de déclenchement (de coupure) Dans un régulateur, valeur de la grandeur à régler (température, pression, etc.) à laquelle le régulateur transmet au système régulant (ventilateur, compresseur, etc.) un signal de non-intervention.

Point d'enclenchement Dans un régulateur, valeur de la grandeur à régler (température, pression, etc.) à laquelle le régulateur transmet au système régulant (ventilateur, compresseur, etc., un signal d'intervention.

Puissance appellée (demande) Quantité d'énergie électrique fournie ou consommée par un système, un élément d'un système ou une pièce d'équipement, exprimée en kilowatts ou en kilovoltampères ou en une autre unité appropriée et mesurée de façon ponctuelle à un moment donné ou de façoncontinue sur une période déterminée (en vue de l'obtention d'une moyenne).

Radiateur Élément terminal émetteur de chaleur incorporé à un systèmede chauffage à eau chaude ou à vapeur et servant à émettre de la chaleur dans une enceinte.

Régulation modulante Mode de régulation opérant par actions de faible amplitude autour de la valeur désirée. Mode de régulation opposé au mode "tout ou rien".

SAINEB Système d'automatisation des installations techniques de bâtiment.

SGE Système de gestion de l'énergie

Système de commande et de surveillance d'installations techniques du bâtiment Système de gestion de l'énergie et d'automatisation des fonctions du bâtiment comme par exemple, contrôle du matériel, surveillance/gardiennage, etc.

Taux (débit) de renouvellement d'air Nombre de renouvellements d'air par unité de temps.

Zone morte Intervalle entre le point d'enclenchement et le point de déclenchement d'un régulateur au cours duquel aucune action de l'organe régulant ne peut être notée; la zone morte est également connue sous le nom de "différentiel".

5.2 AUTORITÉS COMPÉTENTES ET RÉGLEMENTATION APPLICABLE

Le lecteur doit se reporter aux lignes directrices du Ministère pour connaître les conditions d'ambiance à maintenir dans les locaux et au Manuel de gestion du personnel, volume 12, Sécurité et santé au travail.

Le directeur immobilier doit se conformer aux lignes directrices du Ministère lorsqu'il fait appel à des ressources externes.

5.3 PROCESSUS DE CONSTRUCTION ET D'AMÉLIORATION DES INSTALLATIONS

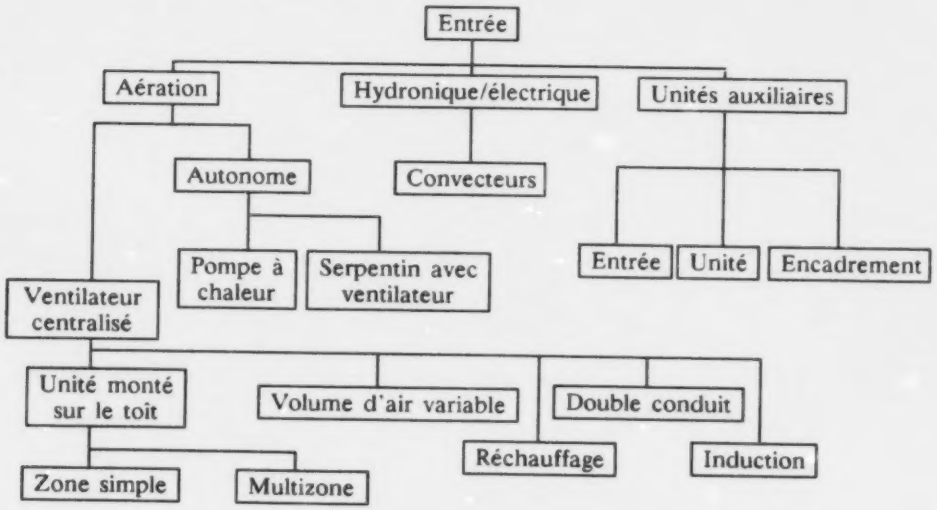
Même si le processus de construction d'un bâtiment prévoit bon nombre de vérifications et d'inspections, il reste que d'un point de vue fonctionnel, la qualité de l'ouvrage fini peut varier entre "satisfaisante"et "supérieure". le directeur du bâtiment lui, hérite du résultat de ce processus. Ce sujet est porté à l'attention du lecteur, en l'occurrence le directeur immobilier, pour qu'il se rende bien compte de la nécessité de bien connaitre le bâtiment dont il est responsable et les installations qu'il comporte.

Depuis le début de la prise de conscience nationale en matière d'énergie, plusieurs installations mécaniques de bâtiment ont été améliorées, modernisées, pour une meilleure efficacité énergétique. Il se peut qu'un directeur, à la lumière des rapports d'inspection et de vérification, juge qu'il est nécessaire de soumettre les installations du bâtiment dont il est responsable à des travaux de modernisation.

Au moment de l'établissement d'un programme d'amélioration des installations d'un bâtiment, il faudrait envisager sérieusement de remplacer les appareils de contrôle pneumatiques et électriques traditionnels par des appareils à commande numérique directe (CND). Les servomoteurs de registres et robinets peuvent parfois être récupérés, ce qui permet de réduire les coûts. Le fait que les appareils CND n'ont pas à être réétalonnés très souvent permet de réduire les frais d'exploitation. Un système CND bien conçu permet d'assurer une régulation beaucoup plus efficace des systèmes et installations de CVCA de bâtiment que ne peuvent le faire les systèmes pneumatiques et électriques traditionnels, tout particulièrement en ce qui a trait à la consommation d'énergie.

5.4 TYPES DE SYSTÈMES ET D'INSTALLATIONS MÉCANIQUE DU BÂTIMENT (CVCA)

Dans le tableau ci–après sont indiqués les principaux systèmes mécaniques qu'on peut trouver dans un bâtiment de construction récente. Pour une description plus complète de chacun des éléments des systèmes mentionnés, se reporter au ASHRAE Handbook – HVAC SYSTEMS – édition 1987.



Le schéma et la liste qui suit ne sont pas exhaustives. On pourra trouver d'autres renseignements utiles à ce sujet dans le document D33.

Principaux composants

- Chaudières
- Refroidisseurs
- Condenseurs
- Tours de refroidissement
- Serpentins
- Ventilateurs
- Pompes
- Filtres
- Laveurs d'air
- Humidificateurs

Pour former un système de CVCA fonctionnel, ces différents éléments composants doivent être reliés entre eux, habituellement sur place, en cours de construction, au moyen d'un réseau de conduits, de canalisations, de fils et de câbles électriques. Un tel système est par la suite assujetti à un système de contrôle.

Les concepteurs choisissent normalement les différents éléments d'une installation mécanique en fonction des charges maximales prévues. Comme ces charges maximales correspondent à des conditions extrêmes qui peuvent survenir en cours d'exploitation d'un bâtiment, il est nécessaire de prévoir un système de contrôle pour modifier la puissance de chacun des éléments de l'installation de manière à assurer un indice de confort particulier pour les occupants ainsi que des conditions d'exploitation admissibles pour l'équipement.

5.5 LISTE DE VÉRIFICATION – RECHERCHE DES ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT

Les fabricants reconnus incorporent dans leurs fiches techniques des renseignements qui permettent aux propriétaires des systèmes qu'ils fabriquent d'effectuer eux-mêmes les réparations mineures (bris, usure, etc.). Ces renseignements sont donnés sous la forme d'une liste de vérification pour recherche d'anomalies de fonctionnement. En voici un exemple:

Liste de vérification pour recherche d'anomalies de fonctionnement dans le cas d'un appareil à batterie de chauffage électrique d'entrée (typique)

Problème	Vérifications
Pas de chaleur	1. La batterie de chauffage est-elle sous tension? Vérifier le disjoncteur sur le panneau électrique. 2. Le limiteur haute température s'il y a lieu, est-il déclenché? 3. L'interrupteur local est-il en position de fonctionnement? 4. Le circuit de l'élément chauffant est-il interrompu? 5. Le thermostat est-il défectueux? A-t-il besoin d'être étalonné?

Certaines des vérifications mentionnées ci-haut doivent être effectuées à l'aide d'un testeur à lampe néon.

Des exemplaires de telles listes de vérification doivent être incorporés aux dessins des ouvrages finis. Les réclamer au fabricant si elles ne s'y trouvent pas.

Lors de la prise de possession d'une nouvelle installation, il faut d'abord et avant tout rechercher et examiner les dessins des ouvrages finis. Les politiques administratives des ministères précisent généralement que l'une des fonctions de l'administrateur de projets estde s'assurer que les dessins sont bel et bien fournis et qu'ils sont complets.

Des retenues de garantie de bonne exécution sont prévues pour les cas de non-délivrance de tels documents. Si le montant global du contrat aété payé, il peut être difficile par la suite d'obtenir les instructions d'exploitation ainsi que les dessins en question.

5.6 SCHÉMAS DE CONTRÔLE - INTRODUCTION

En examinant la partie des dessins des ouvrages finis portant sur le système de contrôle, le directeur du bâtiment peut avoirune bonne idée de la façon dont les différents éléments composants indiqués dans le carnet d'exploitation sont supposés fonctionner. Voici les principaux blocs de données qu'on trouve habituellement sur les dessins des ouvrages finis portant sur un système de contrôle:

- Bordereau d'équipements (de commande)
- Ordre de déroulement des opérations
- Schémas de tuyauterie et de câblage
- Fiches techniques des appareils
- Liste des pièces
- Instructions d'entretien et de service

La figure 5.1 montre la disposition typique d'un dessin des ouvrages finis portant sur un système de contrôle. En se reportant à ces dessins et en examinant les schémas relatifs aux principaux appareils de conditionnement d'air, il est maintenant facile de comprendre comment les installations ont été conceptuées pour opérer et petit à petit comment le système fonctionne. Un autre moyen pour lui d'arriver à comprendre le système consiste à faire le tour du bâtiment pour bien prendre connaissance des différentes installations qui y sontaménagées, et à noter sur un jeu distinct de dessins toutes les donnéeset remarques concernant les différents éléments, auxquelles il pourra se reporter en temps opportun. Cette démarche lui conférera une expérience valable et lui permettra d'acquérir une certaine assurance.

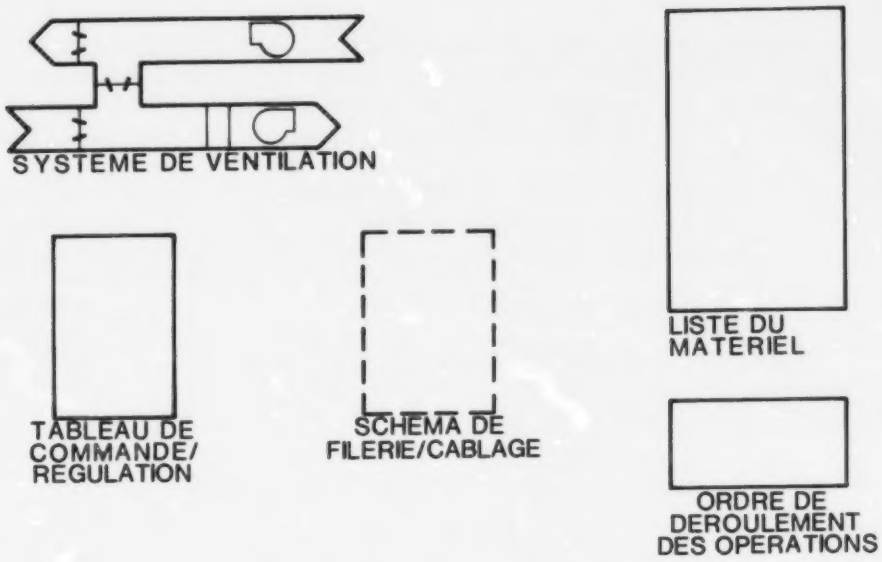


Figure 5.1 Dessin typique de la distribution du contrôle tel-que-construit

Au fur et à mesure qu'il prendra connaissance des données indiquées sur les dessins des ouvrages finis, le directeur remarquera que tous les appareils et éléments de contrôle n'y figurent pas, entre autres ceux liés aux appareils suivants:

- les chaudières;
- les refroidisseurs;
- les unités montés sur le toît;
- l'entrée et les unités de chauffage;
- les pompes à chaleur autonomes;
- les tours de refroidissement;
- autres appareils divers, par exemple, les refroidisseurs d'eau.

La raison de cette omission c'est que souvent, le contrat de mise en route et de service des appareils précités est accordé à un sous-traitant. Règle générale, toutefois, les chaudières et les refroidisseurs et, jusqu'à un certain point, les autres appareils mentionnés, comportent leurs propres éléments de contrôle intégrés, lesquels sont installés en usine. Le directeur trouvera donc les instructions pertinentes relatives au fonctionnement de ces appareils sur les fiches techniques incorporées aux dessins des ouvrages finis.

Un commentaire maintenant sur les pièces de rechange. Très souvent, dans le remue-ménage de la prise de possession d'un bâtiment, il arrive que les renseignements essentiels concernant le service et l'entretien des éléments et des appareils sont égarés. Généralement, il se passe plusieurs années avant qu'il soit nécessaire de remplacer certaines pièces d'équipement. Si à ce moment, il est impossible de retrouver les données nécessaires concernant les pièces de rechange, il faut alors utiliser un produit de remplacement, ce qui souvent est une solution coûteuse. Les dessins des ouvrages

finis sont donc des documents de référence extrêmement importants, au début pour apprendre à connaître le bâtiment et ses installations, et plus tard pour effectuer des travaux d'entretien.

Comme les systèmes et installations de CVCA sont alimentés en électricité par le réseau électrique du bâtiment, le dessin des ouvrages finis illustrant le centre de commande des moteurs est un autre document de référence très utile. Pour de plus amples renseignements, se reporter à la documentation sur les installations électriques jointes au présent document. Le directeur doit au moins connaître l'emplacement des principaux interrupteurs reliés aux moteurs; une fois qu'on a obtenu ces renseignements en se référant aux dessins des ouvrages finis portant sur les installations électriques, il peut les indiquer dans le carnet d'exploitation ainsi que sur les schémas de contrôle aux fins de consultation ultérieure.

Prenons comme exemple le système de ventilation central de conception simple illustré à la figure 5.2. Ce type de schéma est celui qui est habituellement préparé par les fabricants de tels systèmes de contrôle. Il sert à montrer les divers éléments composants du système et l'emplacement de chacun dans le réseau. C'est un schéma qui est simplifié pour plus de clarté. Les véritables dessins de mécanique préparés par l'ingénieur consultant dans ce domaine sont généralement beaucoup plus complexes du fait qu'ils sont dessinés à l'échelle et qu'ils montrent des plans, des coupes et des sections beaucoup plus développés de l'équipement. Ils peuvent montrer un système de contrôle simple mais uniquement à des fins de référence. Pour mieux comprendre le système, vous devez vous reporter aux dessins approuvés des ouvrages finis.

Pour pouvoir discuter des différents appareils de contrôle et de leurs fonctions, il faut avoir compris la raison des différentes opérations. Dans le cas qui nous intéresse, le ventilateur de soufflage tire de l'air de l'extérieur puis le refoule dans le réseau de conduits d'air dans lesquels il est amené jusqu'aux bouches de soufflage des différents secteurs desservis du bâtiment et par lesquelles il est soufflé dans ces derniers. Des registres automatiques permettent de régler le débit d'air neuf ainsi que le débit d'air repris de l'espace conditionné par le ventilateur de reprise. Lorsqu'il passe sur les batteries de chauffage ou de refroidissement, l'air peut être chauffé ou refroidi, selon le signal de sortie de l'appareil ou de l'élément de régulation sensible à la charge (thermostat d'ambiance). Comme nous l'avons expliqué précédemment, les appareils de contrôle servent à moduler la puissance des appareils, systèmes et installations mécaniques de manière à conserver à l'air ambiant la température nécessaire pour assurer le confort des occupants. Tout ceci doit se faire sans qu'aucun courant d'air ni bruit nuisible ne soit ressenti ou entendu. Le système illustré à la figure 5.2 répond aux exigences de l'ASHRAE en ce qui concerne les caractéristiques suivantes: ventilation (introduction d'air neuf); filtration (par filtre à air); chauffage (par batterie de chauffage) et refroidissement/humidification (par batterie de refroidissement).

Le système de registres fonctionne de manière à assurer le mélange de l'air neuf et de l'air repris. La température de l'air mélangé se situe habituellement à 12–13° C. Cette température est la température la plus basse à laquelle l'air peut être soufflé dans un local à climatiser. L'air non recyclé est évacué à l'extérieur par les registres d'extraction.

La température de l'air mélangé est l'une des températures qu'il faut contrôler attentivement parce qu'elle peut être la cause de gaspillage d'énergie autant en mode chauffage qu'en mode refroidissement. Ainsi, lorsque les appareils de contrôle entrent en fonction, les registres sont modulés de façon à maintenir la température de l'air mélangé au point de consigne préétabli. Lorsque les ventilateurs de soufflage et de reprise d'air s'arrêtent, les registres d'admisson d'air neuf et d'extraction d'air se referment et le registre de reprise d'air s'ouvre. Ce sont là les positions "normales" ou "au repos" de ces registres, (position lorsqu'ils ne sont pas "sollicités" par le régulateur).

Les deux ventilateurs sont habituellement électriquement interreliés de façon à pouvoir fonctionner en tandem. C'est ce qu'on appelle "l'asservissement d'un appareil à un autre" (interverrouillage), et cela fait partie de plusieurs séquences d'opération de contrôle. C'est une caractéristique importante dont il faut se rappeler au moment d'une recherche d'anomalie de fonctionnement par exemple, lorsqu'un moteur est arrêté alors qu'il devrait fonctionner, il se peut qu'il ait été mis hors service au cours d'une séquence d'asservissement.

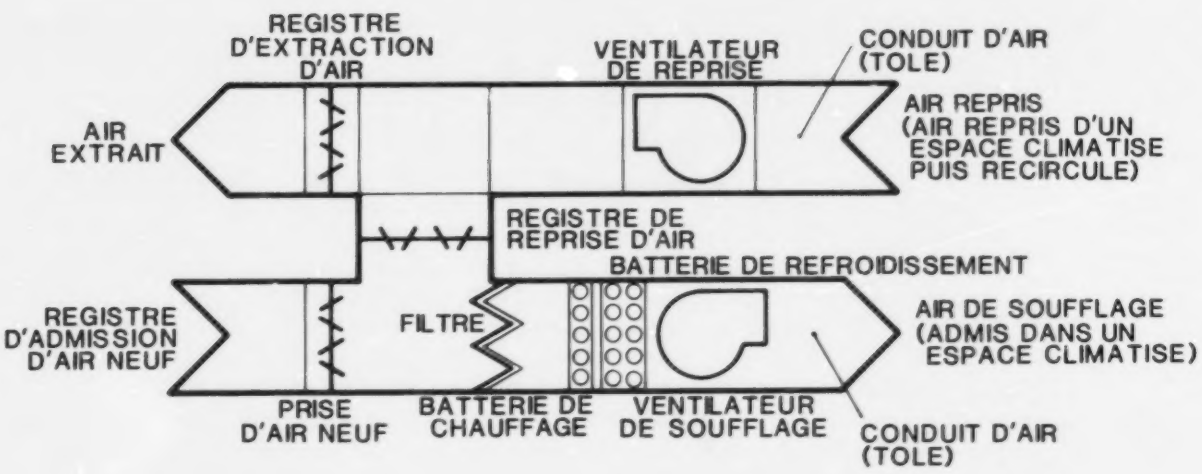


Figure 5.2 Système (schématique) élémentaire du ventilateur centralisé

La figure 5.3 représente le même système de ventilation, mais assujetti àun système de contrôle pneumatique. Le schéma du système, le bordereau de l'équipement de commande où sont nommés les éléments ainsi que le bloc "ordre de déroulement des opérations" servant à expliquer comment le système fonctionne, sont les trois éléments qu'on retrouve sur les dessins des ouvrages finis portant sur les systèmes de contrôle. Avant d'essayer d'identifier un problème, le directeur du bâtiment doit savoir ce que le système est censé faire lorsqu'il fonctionne selon les exigences originales du devis de construction. Il n'est pas nécessaire pour lui de connaître le fonctionnement intrinsèque

du système; il suffit de savoir comment il agit sur les différents éléments et appareils pour que les résultats escomptés soient obtenus.

Voici un exemple d'un BORDEREAU D'ÉQUIPEMENT DE COMMANDE; bien entendu, les détails indiqués peuvent varier d'un fabricant à l'autre.

Code	Équipement de commande	Bulletin/Modèle	Plage de réglage/ Point de consigne
DO–1,2,3	Servomoteurs de registres	D–1234	34–69 kPa
V–1	Vanne à 3 voies	V–4567	28–69 kPa
TE–1	Régulateur de commutation	T–765–1	18 °C
TX–1,2	Transmetteurs	T–3434–5	0–37.8 °C
AV–1,2,3	Robinets électromagnétiques	Vp–334–D	115 VAC
TC–1,2	Régulateurs	RC–8001–1	0–37.8 °C
TH–1	Indicateur de température	TH–5106–5	0–37.8 °C
TH–2			
MS–1	Interrupteur manuel	S–25–1	
GA–1	Manomètre	G–2300–5	0–138 kPa
PE–1	Pressotat électrique	P–641–2	0–138 kPa
PV–1	Clapet de maintien de la pression	A–123	0–138 kPa

Des fiches, des bulletins et des spécifications techniques sont habituellement fournis pour expliquer la fonction des éléments et appareils de régulation mentionnés dans la liste précédente ainsi que les caractéristiques des appareils et éléments commandés ou régulés. Certains fabricants fournissent aussi les instructions concernant les réparations et le sevice, ainsi que celles requises pour l'étalonnage au besoin.

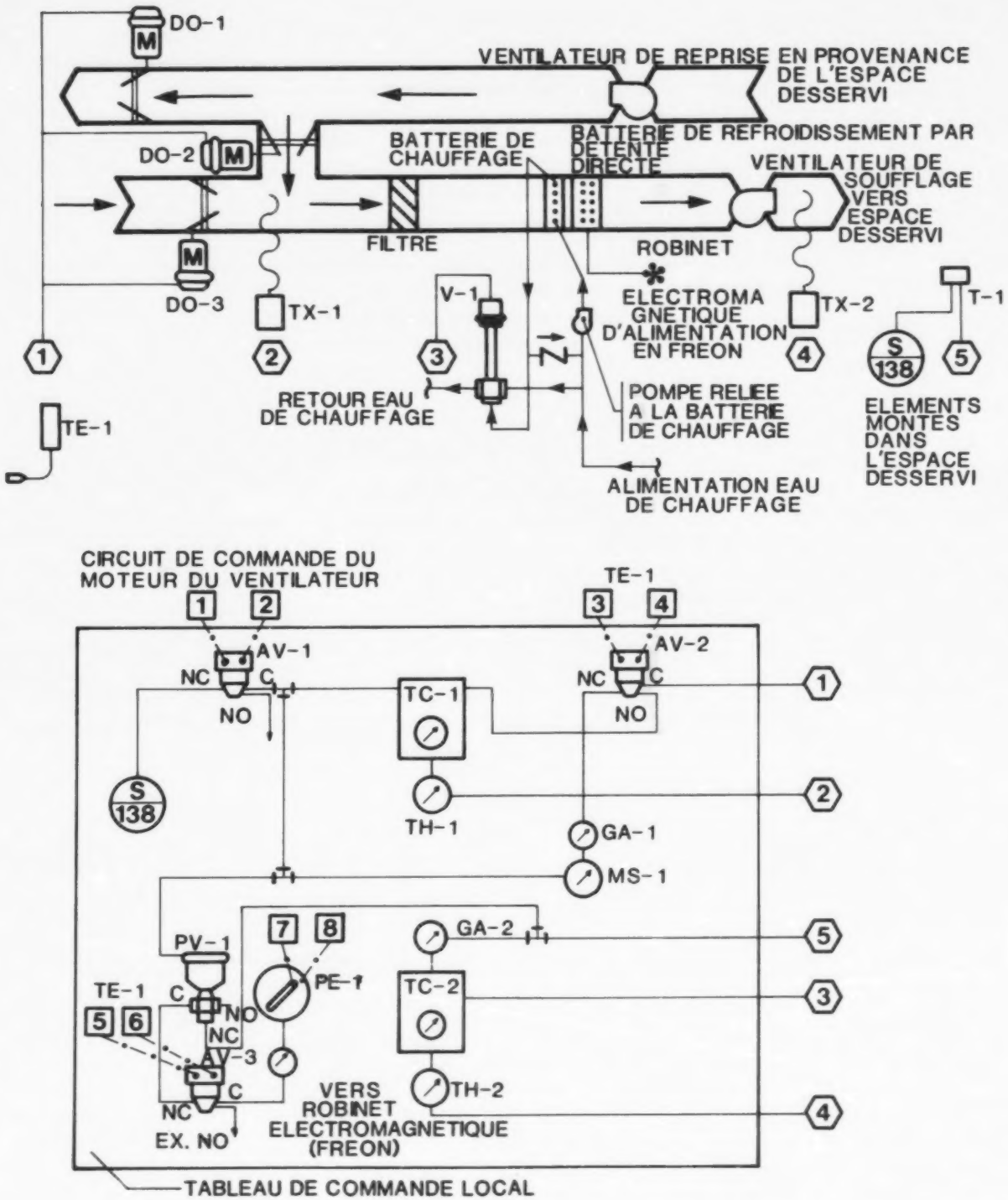


Figure 5.3 Contrôle du système de ventilation

ORDRE DE DÉROULEMENT DES OPERATIONS

Lorsque le ventilateur de soufflage est mis en marche manuellement, les dispositifs d'asservissement électriques situés dans le centre de commande des moteurs déclenchent la mise en marche du ventilateur de reprise. Le robinet électromagnétique AV–1 est mis sous tension assurant ainsi une alimentation en air au régulateur et provoquant la mise en marche de la batterie de refroidissement.

Le régulateur TC–1, dont le transmetteur de température capte la température de l'air mélangé, module la position des registres d'admission d'air neuf, de reprise et d'extraction d'air de manière à maintenir la température de consigne. Lorsque la température augmente au–dessus du point de consigne, le régulateur électrique TE–1, à deux positions, règle les robinets électromagnétiques d'air AV–2 et AV–3 de manière à ce que les registres se placent en position fixe minimale d'admission d'air neuf établie au moyen de l'interrupteur manuel MS–1 et que la batterie de refroidissement à détente directe alimentée par le robinet électromagnétique de fréon se mette en marche. Le régulateur TC–2 module la position de la vanne V–1 de la batterie de chauffage de façon à maintenir le point de consigne. Ce dernier est automatiquement adapté aux variations de la charge par le thermostat d'ambiance T–1 qui, lui, intervient sur le robinet électromagnétique d'alimentation en fréon selon la demande de froid.

La séquence des opérations décrites aux paragraphes précédents est brève et concise. Comme les opérations mentionnées sont le résultat de toute une technique, un mot d'explication sur la fonction des différents éléments peut être utile. Ainsi après avoir lu et compris une séquence d'opérations, un directeur peut se créer un aide–mémoire en indiquant certaines remarques sur le jeu de dessins dont il se sert. Même pour une personne expérimentée, des dessins ainsi annotés peuvent devenir une source de référence valable en cas de problèmes ultérieurs.

Voici une explication concernant les interventions des différents éléments indiqués sur le bordereau du matériel, et l'ordre de leurs opérations. Le clapet AV–1 est électriquement raccordé au circuit de commande du moteur du ventilateur de soufflage. Ainsi, sa mise sous tension survient au moment de la fermeture dudit circuit. Cet asservissement permet d'empêcher que les registres d'admission d'air neuf ne s'ouvrent lorsque les ventilateurs ne fonctionnent pas ou, par l'intermédiaire du clapet PV–1, que la batterie de refroidissement ne se mette en marche. Lorsque la température extérieure est basse, il est dangereux pour l'équipement que de l'air froid entre dans le système de ventilation sans régulation préalable. De plus, si les registres étaient ouverts, de l'air conditionné pourrait s'échapper des espaces climatisés, occasionnant ainsi une perte d'énergie. Tout ceci s'applique également aux registres d'extraction d'air.

Pour que le TAUX DE RENOUVELLEMENT D'AIR soit conforme au taux calculé,il est bien important que les ventilateurs de soufflage et de reprise fonctionnent en même temps. Cette particularité fait partie des CARACTÉRISTIQUES DE CONCEPTION.

Il est à remarquer qu'à chaque régulateur correspond un transmetteur. Les régulateurs avec transmetteurs remplacent maintenant les régulateurs montés en conduit d'air. Lorsqu'ils étaient montés sur un panneau de contreplaqué à une certaine distance du

point de mesure, ou sur un tableau de commande centralisé, les anciens régulateurs devaient être reliés à leur sonde de mesure située dans le conduit d'air par un capillaire d'une longueur souvent encombrante. Le transmetteur permet maintenant de placer le capteur à bonne distance du régulateur sans qu'il soit nécessaire de l'y relier par un long et dispendieux capillaire. Il permet également de placer tous les appareils de contrôle importants d'un système de ventilation à des endroits vraiment appropriés, autant pour l'observation que pour le réglage. Le transmetteur ne modifie en rien le fonctionnement du système. La différence, c'est qu'auparavant, les appareils de contrôle étaient dispersés dans le local des ventilateurs même, jamais plus loin, limitant ainsi les possibilités d'observation et de réglage. Maintenant, les robinets électromagnétiques de commande peuvent être montés près du démarreur du moteur ou dans le centre de commande des moteurs ou encore être montés tout près des régulateurs, par exemple.

Le tube capillaire (température) ou le tube de mesure (pression) fait partie du transmetteur, lequel transmet au régulateur, par un tube de liaison, un signal proportionnel à la grandeur variable mesurée, sur toute la plage de mesure (habituellement une pression se situant entre 21 et 103 kPa). Au lieu que ce soit la pression créée dans le capillaire ou transmise par le tube de mesure de pression qui actionne le régulateur, c'est le signal de sortie du transmetteur qui constitue le signal d'entrée du régulateur. Pour ce qui est du reste de la chaîne de régulation, un système transmetteur–régulateur fonctionne de la même façon qu'un système à régulateur monté sur conduit et sonde montée dans le conduit, ou à régulateur centralisé sur tableau de commande et sonde montée à distance dans le conduit et reliée au régulateur par un long capillaire (mesure de la température) ou un long tube (mesure de la pression).

Dans le système qui nous intéresse, il y a deux régulateurs qui fonctionnent ensemble. Lorsque la température augmente au thermostat d'ambiance T–1, la pression (le signal) de sortie de ce dernier augmente, ce qui provoque un déplacement du point de consigne du régulateur TC–2 qui, lui, commande au besoin le fonctionnement de la batterie de chauffage (par modulation de la vanne) ou de refroidissement. De cette façon, le système de ventilation peut fournir l'air à une température idéale pour assurer le confort des occupants.

Pour en permettre l'illustration, le système montré à la figure 5.3 a été gardé à sa plus simple expression. Bien souvent les systèmes de contrôle comportent des minuteries et des alarmes qui les rendent encore plus efficaces et permettent de supprimer les réglages et les contrôles manuels. De tels éléments ne modifient en rien le fonctionnement du système, tout comme les dispositifs de sécurité qui peuvent être ajoutés pour provoquer la mise hors service d'un appareil, d'un système ou d'une installation mécanique en cas d'une défaillance quelconque pouvant causer des dommages.

À de fins d'études et d'analyse, on recommande au directeur de diviser les systèmes de contrôle en boucles. Par exemple, le régulateur TC–2 avec son transmetteur TX–2 et la vanne de commande V–1 forment une boucle. Le thermostat d'ambiance T–1 est un élément accessoire dans cette boucle. Les systèmes de contrôle les plus complexes peuvent être étudiés de cette façon.

5.7 PRISE DE CONNAISSANCE DU BÂTIMENT

Le directeur immobilier qui prend possession d'un nouveau bâtiment a l'avantage de pouvoir solliciter l'aide des membres des équipes de conception et de construction dans sa démarche de prise de connaissance des systèmes et installations mécaniques du bâtiment. C'est le moment idéal pour commencer à établir un carnet d'exploitation. En voici un exemple:

CARNET D'EXPLOITATION
(Liste des principaux appareils et de leur emplacement)

Nom du bâtiment: _____ Page: _____
Adresse: _____ Préparé par: _____
_____ Date: _____
_____

APPAREILS	EMPLACEMENT	ÉLÉMENTS DESSERVIS
1 Chaudière à eau chaude	Salle des install. mécan. (sous-sol)	Radiateurs et serpentins de chauffage
2 Refroidisseur	Salle des install. mécan. (sous-sol)	Tous les unités à condition-nement d'air
3 Tour de refroidissement	Construction hors toit	Refroidisseurs
4 Pompe à eau réfrigérée	Salle des install. mécan. (sous-sol)	Tous les unités à condition-nement d'air
5 Chauffrette d'entrée	Plafond au-dessus de l'entrée principale	Entré principale
6 ?	?	?
7 ?	?	?

Les appareils susmentionnés sont habituellement installés dans un local ou un espace prévu à cette fin par l'architecte. De tels locaux ou espaces peuvent également être prévus pour l'équipement de télécommunications ainsi que pour la machinerie d'ascenseurs.

Selon l'importance de l'inventaire du bâtiment, le carnet peut compter plus ou moins de pages. La préparation d'un tel carnet permet à un directeur de connaître rapidement les installations mécaniques du bâtiment ainsi que le système de contrôle connexe. Cette connaissance est nécessaire à l'exploitation efficace du bâtiment en ce qui concerne le rapport confort thermique/rentabilité énergétique. La préparation du carnet d'exploitation est en fait la première étape du processus de familiarisation d'un directeur avec les systèmes et installations du bâtiment dont il est responsable.

5.8 TYPES DE SYSTÈMES DE CONTRÔLE

Trois types de systèmes contrôle sont recommandés pour utilisation dans les bâtiments commerciaux, à savoir les systèmes pneumatiques, les systèmes électriques et les systèmes électroniques. Dans les gros bâtiments ou les bâtiments de taille moyenne, on

retrouve rarement des systèmes "tout électrique" ou "tout électronique". Parce que le servomoteur pneumatique est simple et fiable, que son efficacité a déjà été prouvée et qu'à titre d'élément final de la chaîne de régulation, il doit nécessairement bien fonctionner sans quoi tous les autres éléments du système de régulation deviennent inutiles.

Comme nous l'avons vu à la figure 5.3, les systèmes pneumatiques comportent des éléments électriques aux caractéristiques particulières nécessaires pour assurer une bonne régulation. On peut citer par exemple, les robinets à air électromagnétiques AV-1 et AV-2 et le régulateur de commutation TE-1.

Ces dernières années, on a vu apparaître sur le marché une série d'appareils de contrôle de conception entièrement nouvelle, à savoir les appareils à commande numérique directe (CND). Bien que la technologie électronique soit utilisée dans le domaine industriel depuis plusieurs années, son apparition dans le domaine commercial est plutôt récente. Les appareils CND sont entièrement électroniques et sont habituellement reliés à un ordinateur qui adapte leur fonction aux différentes situations en présence. Comme on ne fait ici qu'effleurer le sujet, ce dernier devant faire l'objet d'un document distinct, on recommande aux directeurs qui se retrouveraient devant un tel système de demander les renseignements nécessaires au fabricant.

Les appareils CND sont des régulateurs adaptés à l'utilisation d'un programme informatique servant à simuler les fonctions d'un régulateur mécanique. L'adaptation des paramètres de mesure aux différentes situations est effectuée par l'entremise d'un ordinateur central ou d'un petit terminal situé dans le local des installations mécaniques.

Comme les systèmes CND comportent des vannes et des servomoteurs de registres du type pneumatique, ils sont donc assujettis aux lignes directrices indiquées au paragraphe 5.9. Pour que les éléments pneumatiques susmentionnés puissent fonctionner, le signal électronique d'un régulateur CND est habituellement traduit en signal de sortie pneumatique à l'aide de transducteurs électro-pneumatiques.

La réputation des servomoteurs pneumatiques n'est plus à faire, quel que soit le type du bâtiment dans lequel ils sont installés.

Les fabricants des systèmes de régulation sont représentés à l'échelle nationale et ont habituellement des filiales de vente dans chaque ville principale. La plupart d'entre eux sont des fabricants américains; toutefois, les fabricants européens se sont récemment accaparé une part du marché. Les trois plus anciennes firmes canadiennes sont en affaires depuis le début du siècle; elles sont donc très bien implantées.

Dans tout bâtiment particulier, le produit fini sera le résultat des diverses activités s'étant déroulées au cours du processus de construction. Le sous-traitant responsable de la fourniture et de l'installation du système de contrôle est l'un des rares membres de l'équipe de construction qui est/a été en contact direct avec le fabricant. Lorsqu'un fournisseur obtient un contrat par voie de soumission, il s'engage par le fait même à faire l'installation du système selon les prescriptions et conformément aux normes du fabricant. Ceci est un point très important parce que les fabricants misent beaucoup sur leur réputation dans ce marché très concurrentiel.

À part les fournisseurs, une autre organisation s'occupe également d'installer des systèmes de contrôle et d'en assurer le service. Cette organisation dite "locale" possède toutefois des bureaux dans plusieurs villes. Elle est habituellement composée d'anciens employés d'un des plus importants fabricants, qui ont découvert qu'il y avait une place pour eux sur le marché et qui se sont réunis pour former une entreprise spécialisée dans le service après vente de systèmes de contrôle, peu importe le fabricant. Cette entreprise peut également détenir des droits de distribution de produits étrangers ou d'équipement nord-américain moins connu. S'il existe une telle firme dans le secteur, le directeur immobilier peut étudier son dossier d'affaires, demander une liste de ses clients et vérifier sa réputation. Un des problèmes avec de telles entreprises est la difficulté d'approvisionnement de ces dernières en pièces de rechange originales. La plupart des grands fabricants ont maintenant des comptoirs de service où il est possible d'acheter les pièces de rechange nécessaires.

Pour pouvoir discuter plus facilement avec les fournisseurs, le directeur immobilier devrait avoir une certaine connaissance de base des systèmes de contrôle. Savoir poser les bonnes questions permet d'éviter les malentendus et les attentes impossibles.

Contrôles pneumatiques

- Très grande réputation de fiabilité
- Servomoteurs (en particulier) robustes, simples et fiables
- Possibilité de caractéristique de sécurité en cas de défaillance. Par exemple, dans le cas d'un système de chauffage, ouverture des vannes de régulation en cas de défaillance de la pression d'air (pour assurer le chauffage)
- Bonne régulation proportionnelle assurée par les servomoteurs du fait qu'ils sont capables de produire un signal de sortie continu
- Installation habituellement effectuée par le fabricant qui en assume toute la responsabilité
- Une seule norme de qualité pour tous les produits fabriqués par chacun des fabricants
- Interchangeabilité possible même dans le cas d'ensembles complets fournis par divers fabricants du fait que les appareils sont tous alimentés en air comprimé à une pression de 138 kPa
- Systèmes à l'abri des interférences électriques transitoires
- Systèmes antidéflagrants
- Possibilité d'observation continue, par l'entremise des manomètres, du fonctionnement de l'appareil et du cycle de commande
- Un inconvénient: la moisissure – Pour l'éviter: installation avisée de la tuyauterie d'air comprimé (endroits froids à éviter) et entretien régulier du compresseur
- Depuis l'avènement des systèmes CND, régulateurs maintenant du type À ACTIONS PROPORTIONNELLE ET INTÉGRALE (PI) et À ACTIONS PROPORTIONNELLE, INTÉGRALE ET DÉRIVEE (PID) (au choix). Avec ces options, performance des systèmes pneumatiques à peu près égale à celles des systèmes CND sauf dans les applications les plus exigeantes.

Nous avons donc énuméré précédemment les grandes caractéristiques des systèmes pneumatiques qui ont fait la réputation de ces derniers depuis les 80 dernières années. Viennent ensuite les systèmes électriques.

Contrôles électriques

- Systèmes qui datent d'aussi longtemps que les systèmes pneumatiques; en fait, le premier thermostat était électrique mais ce produit n'a pas évolué aussi rapidement que le produit pneumatique
- Servomoteurs électriques plus complexes que les servomoteurs pneumatiques, étant reliés à un moteur électrique et n'ayant de ce fait qu'une vitesse de fonctionnement
- Incapables de produire un signal de sortie continu et à vitesse de fonctionnement fixe, quelle que soit la vitesse de changement de la grandeur réglée ou du signal d'entrée
- Installation habituellement effectuée par un sous-traitant et non par le fabricant; donc, responsabilité partagée
- Bonne régulation lorsqu'il s'agit d'éléments terminaux simples, par exemple régulateurs de radiateurs
- Norme de qualité variable et, par le fait même, produits de prix différents, sur le marché
- Service: habituellement remplacement de pièces; peut être coûteux
- Caractéristique de sécurité malgré défaillances: au choix
- Systèmes non touchés par les problèmes de moisissure mais non à l'abri des effets négatifs des fluctuations de tension
- Systèmes ne comportant habituellement aucun indicateur de signal de sortie; difficulté d'observation du fonctionnement de l'appareil et du cycle de commande
- Marché important dans le secteur OEM (Original Equipment manufacturer – constructeur du matériel original) surtout pour les conditionneurs en toitures, les pompes à chaleur autonomes, les chaudières et les refroidisseurs
- Fonctionnement sous une tension de 24 V en c.a., à partir de l'alimentation principale

Avec l'essor de l'industrie de l'électronique, plusieurs produits destinés aux contrôle d'installations de CVCA sont apparus surle marché. Le dévelopement de la technologie a fait proliférer les fabricants ainsi que les produits, les plus importants de ces derniers ayant été mis au point dans les systèmes de contrôle entièrement électroniques, lesquels ont connu un très grand succès, particulièrement le servomoteur électronique qui a les mêmes caractéristiques que son équivalent pneumatique, y compris la capacité de produire un signal de sortie continu, et qui coûte à peu près le même prix, principalement dans le cas d'applications d'unités terminales du type à volume d'air variable (V.A.V.). Voici une liste des avantages propres aux régulateurs électroniques intégrés à un système complet de régulation:

Contrôles électroniques

- Sensibilité élevée de mesure de la grandeur variable à cause de l'utilisation d'éléments à résistance
- Utilisation de transducteurs pour l'actionnement des servomoteurs pneumatiques
- Systèmes permettant le raccordement aux systèmes centralisés de gestion d'énergie, d'automatisation des équipements techniques de bâtiment et de contrôle et de surveillance des installations de bâtiments
- Besoins d'étalonnage presque nuls
- Nécessité d'une source d'alimentation électrique sans parasites et d'un blindage magnétique
- Actions PI et en PID disponibles
- Nécessité de conditions appropriées pour un fonctionnement efficace
- Circuits faciles à produire et plutôt bon marché s'ils sont importés
- Service: habituellement remplacement de pièces (peu de valeur de récupération)
- Service nécessitant un personnel plus qualifié mais s'effectuant généralement rapidement dans le cas de systèmes électriques/pneumatiques.
- Comme pour le système électrique, impossibilité d'observer facilement le fonctionnement de l'appareil et le cycle de commande
- Apparition sur le marché de matériel OEM avec systèmes de contrôle à micro-processeur (exemple: conditionneurs du type en toiture)

5.9 DEMANDES DE SERVICE

Voici un aperçu des vérifications qu'on suggère aux techniciens d'effectuer lorsqu'ils répondent à une demande de service. Cette liste, qui peut être remise aux différentes compagnies de systèmes de contrôle, peut servir de document de référence pour l'établissement du devis de travaux ou la préparation d'un ordre de travail.

- Vérifier la pression de l'alimentation principale en air comprimé (systèmes pneumatiques)
- Vérifier la qualité de l'alimentation principale en air comprimé (présence d'huile, de saleté, d'humidité) (systèmes pneumatiques)
- S'assurer que les raccordements des réseaux pneumatiques et électriques sont conformes aux données de conception (dessins des ouvrages finis)
- Régler les thermostats d'ambiance et les hygrostats aux points de consignes préétablis et étalonner chacun de ces appareils
- S'assurer que chaque appareil de contrôle d'ambiance fait fonctionner de façon appropriée le servomoteur auquel il est relié (sur toute sa course, en douceur, et dans l'ordre d'intervention prévu s'il est relié à une unité terminale V.A.V., par exemple).
- Vérifier si les régulateurs et les limiteurs, y compris les thermostats de sécurité haute et basse température, du système central de ventilation sont bien étalonnés et s'ils fonctionnent bien, compte tenu des réglages précisés sur les schémas de commande d'après-installation

- Vérifier manuelement si les positionneurs de registres et les actionneurs de vannes se déplacent librement sur toute leur course; vérifier la position "au repos" de ces éléments (normalement ouverte ou normalement fermée)
- Vérifier le fonctionnement des positionneurs à pilote des servomoteurs de registres et de vannes
- Vérifier et confirmer le bon fonctionnement de tous les éléments accessoires: pressostats électriques, robinets électromagnétiques d'alimentation en air, sélecteurs de pression, relais électriques et/ou pneumatiques
- Vérifier le point zéro des manomètres de mesure de la pression d'air dans les conduits à l'entrée et à la sortie des ventilateurs
- S'assurer que les éléments sensibles (capteurs) sont situés aux endroits appropriés et bien fixés à leur support de montage à l'intérieur des conduits d'air et des plenums
- Le système en marche, vérifier les séquences de fonctionnement et asservissements (interverrouillages)
- Mettre les régulateurs en marche pour vérifier le fonctionnement des servomoteurs
- Dans le cas des systèmes à deux ou à plusieurs modes de fonctionnement, passer d'un mode à l'autre et vérifier tout le cycle de fonctionnement; si la commande se fait par minuterie, s'assurer que les réglages sont corrects et complets
- S'il y a un programme d'abaissement de température (nocturne ou autre), vérifier si tout fonctionne selon les exigences du devis, aux points de consignes établis
- Vérifier le fonctionnement du mode de secours de sécurité en simulantune panne dans le réseau principal. Noter les temps de récupération et s'assurer que les limites sont respectées; vérifier ensuite le passage du mode de sécurité au mode normal de fonctionnement et s'assurer encore une fois que les limites de temps sont respectées
- Dans le cas des systèmes comportant un cycle de mise en température, régler tous les régulateurs de zones à la température la plus élevée en mode chauffage puis vérifier si les vannes des batteries de chauffage et les registres de zones sont en bonne position de fonctionnement. Régler ensuite les régulateurs à la plus basse température de refroidissement et vérifier les mêmes points; noter la période de récupération lors du retour au cycle normal
- Préparer un rapport complet mentionnant les résultats des vérifications et des essais et attestant que le matériel a été réglé et étalonné selon les prescriptions originales
- Se préparer à donner un compte rendu oral de l'inspection au représentant du propriétaire
- Revoir le fonctionnement de chaque appareil ou de chaque installation avec le personnel du propriétaire et fournir toutes les explications et toutes les suggestions nécessaires concernant leur exploitation
- Si un élément du système de contrôle ou un élément ou un appareil régulé empêche un système ou une installation de fonctionner selon les exigences prescrites, établir une liste de recommandations quant aux réparations nécessaires ou au service requis

À l'aide de la liste de vérification précédente, il est possible d'établir pour les parties intéressées une bonne description des travaux à effectuer. Il est à noter qu'un rapport de certaines de ces activités est exigé du vendeur. S'il est bien rempli, le rapport préparé à la suite des travaux d'inspection effectués à partir de la liste permet à le directeur de se rendre compte du bon fonctionnement du système de contrôle et, par le fait même, du bon fonctionnement d'équipement mécanique. Selon l'âge du bâtiment et des installations, des défauts ou des défaillances peuvent être décelés dans le système de contrôle ou dans les systèmes/installations mécaniques, lesquels sont alors soumis à des réparations. Une fois ces dernières terminées, le directeur peut examiner, au besoin, les coûts d'opération et la satisfaction de l'occupant des différentes installations afin d'évaluer l'efficacité de tout le processus d'inspection/réparation.

5.10 LISTE DES DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donnent un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résument les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale: rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes: rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations: rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux: relevé de la condition
	D31	Dalles et toits structuraux: relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement: relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures